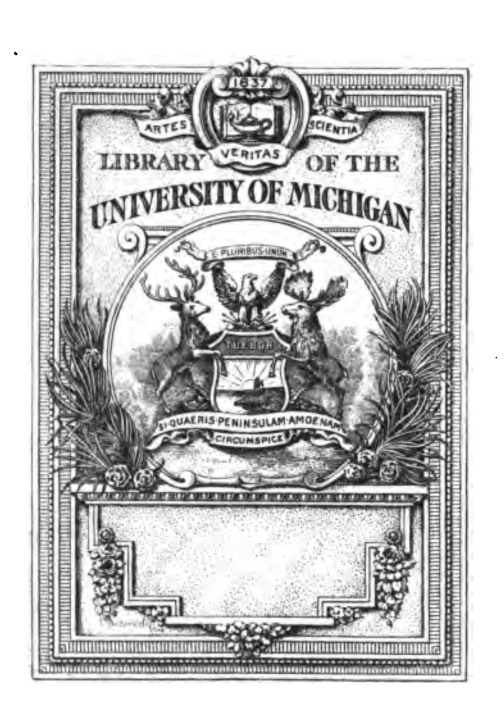



1837
ARTES
SCIENTIA
VERITAS
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
E PLURIBUS UNUM
TUEBOR
SI QUAERIS PENINSULAM AMOENAM
CIRCUMSPICE

Die

Fluorescenz des Lichtes.

Vorgetragen

von

F. J. Pisko,

Lehrer der Physik an der Communal-Oberrealschule auf der Wieden und an der damit in Verbindung stehenden Gewerbeschule in Wien; ehedem Lehrer der Physik und Mathematik am k. k. Gymnasium und an der mit der k. k. Oberrealschule verbundenen Gewerbeschule in Brünn.

Mit in den Text aufgenommenen Holzschnitten.

WIEN.

Druck und Verlag von Carl Gerold's Sohn.

1861.

Mit Erweiterungen aus dem Schlussprogramme der Wiedner Communal-Oberrealschule für das Schuljahr 1859—60 besonders abgedruckt.

Vorwort.

Die Aenderung in der Brechbarkeit der einfachen Farben durch gewisse Stoffe oder die „Fluorescenz des Lichtes" bietet ein so hohes wissenschaftliches Interesse, dass ich mir nicht versagen konnte, diesen Gegenstand durch eine leichtfassliche Behandlung weiteren Kreisen zugänglich zu machen. Ich habe daher nicht mehr physikalische Kenntnisse vorausgesetzt, als die gewöhnliche Mittelschule oder ein elementares Lehrbuch der Physik bieten. Ueberdiess habe ich jedesmal angedeutet, wo sich der mit der heutigen Physik weniger Vertraute über die einschlagenden Nebenlehren Unterricht verschaffen kann. Die Hauptschwierigkeiten für den Laien sind demnach gehoben. Sollen ihn aber die fast wunderbaren, jedenfalls aber anfangs räthselhaften Farbenauftritte wahrhaft anziehen, so muss ich darauf dringen, dass er Schritt für Schritt die angegebenen Grundversuche auch wirklich ausführe. Eine kleine Sammellinse und einige Stücke Rinden des wilden Kastanienbaumes stehen gewiss jedermann zu Gebote, und nahezu ebenso leicht können die übrigen Stoffe beigeschafft werden.

Hat der Leser die unerwarteten Farbenkegel in den entsprechenden Stoffen selbst erzeugt, hat er die Deutung für dieselben und für ihr räthselhaftes Verhalten bei farbigen Zwischenmitteln bekommen — dann erfasst ihn gewiss ein mächtiger Eifer für diesen so wichtigen Zweig der Naturforschung. Er wird nicht ruhen, bis er eine dunkle Kammer improvisirt und ein Spectrum auf die Wand geworfen — und sei es auch nur mit dem Prisma eines Kronleuchters; er wird nicht rasten, bis er den dunkeln Theil des chemisch wirkenden Farbenbildes tagen gesehen. Dann wird er mir gern in die Werkstätte des Physikers folgen, um dort den weiteren Fragen

an die Natur und ihren Antworten zu lauschen; begierig wird er hierauf zur Lectüre der Ergebnisse schreiten, und endlich mit der Erklärung im Allgemeinen und mit den Anwendungen, wie ich hoffe, zu weiteren Studien angeregt, schliessen.

Wenn demnach diese Blätter vorzüglich für den Liebhaber der Physik geschrieben erscheinen, so soll doch auch der eigentliche Fachmann dieselben nicht umsonst zur Hand genommen haben. Die dankenswerthe Güte meines Collegen und Freundes, Herrn V. Kletzinski, Professors der Chemie, stellte mir jeden nur gewünschten Stoff zur Untersuchung. Dadurch war ich in der glücklichen Lage, alle Hauptstudien Stokes' und anderer wiederholen und mit einigen Variationen durchmachen zu können. Ich hoffe, dass diess nicht ohne günstigen Einfluss auf Inhalt und Form der vorliegenden Schrift geblieben ist, und dass so auch der Fachgenosse beim Lesen dieser Arbeit einige Befriedigung finden wird, besonders da sich auch neue von mir gemachte, einzelne Stoffe und Details betreffende Erfahrungen mitgetheilt finden. Ich deute in dieser Beziehung speciell auf den ersten Abschnitt, Capitel *D* und *E* hin. — Jedenfalls wird es auch dem Naturforscher oder Lehrer der Naturwissenschaften angenehm sein, die bezüglichen, zerstreuten Thatsachen und Lehren in ein Ganzes systematisch und compendiös zusammengefasst zu sehen, um so mehr, als mit besonderer Rücksicht auf ihn ein literarischer Nachweis angeschlossen wurde.

Wien, 6. Jänner 1861.

Der Verfasser.

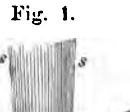
I. Die Haupt- oder Fundamental-Lehren der Fluorescenz.

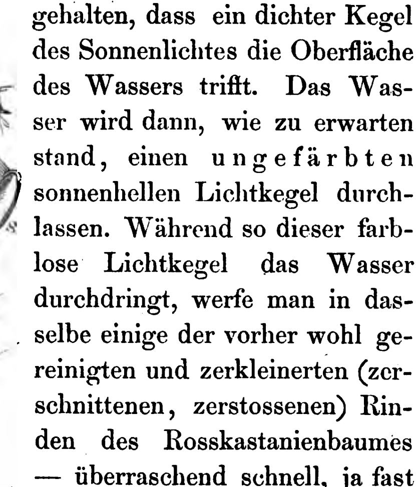
A. Grundversuche mit dem Sonnenlichtkegel oder mit gesammeltem Sonnenlichte.

1. Wer sich eine kleine Brennlinse (aus einer Loupe, einem Opernglase u. dgl. m.) oder einen kleinen Brennspiegel (etwa einen solchen, wie er an den Rasierbüchsen zu finden ist) und einige Stücke von der Rinde des Baumes der wilden Kastanie (des Rosskastanienbaumes [*Aesculus Hippocastanum*]) unserer Glacis-Alleen zu verschaffen weiss, kann im hellen Sonnenlichte eine höchst überraschende Erscheinung hervorrufen.

Zunächst wird nämlich ein Glas reines Wasser in das Sonnenlicht gebracht und (Fig. 1) die oben erwähnte Brennlinse L oder der Brennspiegel S so gehalten, dass ein dichter Kegel des Sonnenlichtes die Oberfläche des Wassers trifft. Das Wasser wird dann, wie zu erwarten stand, einen ungefärbten sonnenhellen Lichtkegel durchlassen. Während so dieser farblose Lichtkegel das Wasser durchdringt, werfe man in dasselbe einige der vorher wohl gereinigten und zerkleinerten (zerschnittenen, zerstossenen) Rinden des Rosskastanienbaumes — überraschend schnell, ja fast

Fig. 1.





augenblicklich wird ein Lichtkegel vom herrlichsten Himmelblau in der Flüssigkeit erscheinen. Derselbe wird natürlich mit seiner Spitze nach unten tief in die Flüssigkeit eindringen. Rückt man die Linse gegen den Spiegel der Flüssigkeit, so wird selbstverständlich die an der Flüssigkeitsoberfläche liegende blaue Grundfläche des Kegels grösser, aber minder hell. Durch Nähern und Entfernen der Linse kann man so verschiedene Abstufungen in der Lichtstärke, und in solcher Weise leicht den Grad des ansprechendsten Blau finden. Die nächste Ursache jenes prachtvoll blauen Kegels ist das nun im Wasser enthaltene Aeskulin, welches aus den Rinden fast augenblicklich vom Wasser gelöst wurde. Seiht (filtrirt) man diese Flüssigkeit in passender Weise, so erscheint sie im durchgelassenen Lichte nahezu wasserklar. Auch diese und ebenso eine alkoholische und ätherische Lösung des Aeskulins lassen jenen herrlich blauen Lichtkegel auftreten; ja, bei letzteren zeigt sich das Blau noch gesättigter.

Es ergibt sich von selbst, dass das gesondert dargestellte Aeskulin in Wasser, Alkohol oder Aether geschüttet — den Versuch noch auffallender macht. Die geringste Menge des Aeskulins in den genannten Flüssigkeiten befähigt die letzteren, den blauen Lichtkegel entstehen zu lassen.

2. Bleibt das Wasser auf jenen Rinden durch geraume Zeit (etwa ½ St.), so färbt es sich gelb bis braun. Diese Flüssigkeit, wie vorhin behandelt — zeigt ebenfalls jenen lichtblauen Kegel. Ja sogar das Wasser, mit dem die Rinden vor ihrer Anwendung gewaschen wurden, zeigt vermöge des darin gelösten Aeskulins, wenn man das Spülicht aufbewahrt hat, und nun, wie vorhin untersucht, jenen blauen Lichtkegel.

In all' den genannten Fällen ist der blaue Lichtkegel bei den frisch bereiteten Aufgüssen am prächtigsten, und verliert an Schönheit, wenn die Flüssigkeiten selbst nur einige Stunden gestanden sind. Nach einigen Tagen sind die wässerigen Aeskulin-Lösungen zu den angegebenen Versuchen völlig untauglich geworden. Im Finstern aufbewahrt, bleiben sie für die genannte Erscheinung länger brauchbar.

3. In jeder Apotheke kann man sich eine wässerige Lösung von schwefelsaurem Chinin unter Zusatz von einigen Tropfen Schwefelsäure bereiten lassen. Dieselbe erscheint beim Durchsehen (im durchgelassenen Lichte) fast wasserklar. Mit der Sammellinse, wie vorhin untersucht — schiesst ein noch herrlicherer blauer Lichtkegel durch die Flüssigkeit, und dauert so lange, als man das Sammelglas in der geeigneten Stellung lässt.

Was die Concentration und Bereitung der Chinin-Flüssigkeit betrifft, so löst man schwefelsaures Chinin etwa in einer 200fachen Gewichtsmenge Wassers auf, und setzt einige Tropfen irgend einer Säure (die Salzsäure ausgenommen) zu; am gewöhnlichsten bedient man sich hiefür der Schwefelsäure. Die genannte Lösung kann dann noch viel weiter verdünnt werden. Eine derartige Chininlösung bewahrt ihre Fähigkeit für die Bildung des blauen Lichtkegels nach meiner Erfahrung jahrelang, auch wenn sie stets im Tageslichte steht.

4. Mittelst Aether, oder unter Erwärmung mittelst Alkohol kann man bald aus den zerkleinerten Blättern beliebiger Pflanzen {am leichtesten aus Spinat, Brennessel, Epheu, Lorbeerblättern oder Wasserpfeffer [(*Polygonum hydropiper*)] eine Lösung des „Blattgrüns" oder „Chlorophylls" gewinnen. Diese grasgrüne Flüssigkeit mit der Brennlinse, wie vorhin behandelt — lässt einen herrlich blutrothen Lichtkegel auftreten, der sich fast wie eine in die Flüssigkeit tauchende nach unten gekehrte blutrothe Flamme darstellt — eine höchst überraschende Erscheinung! Denn nach allen Erfahrungen und nach der physikalischen Farbenlehre hätte man nur einen stärker beleuchteten grünen Kegel erwartet.

1. Wenn man beliebige, frisch gepflückte Pflanzenblätter zerkleinert, mit Alkohol oder Aether übergiesst und eine Weile stehen lässt, bis der Aufguss etwas grünlich erscheint: so zeigt sich der eingeleitete Sonnenlichtkegel — schön rosenroth. In dieser Weise kann man ohne alle Umstände den Grundversuch mit dem Chlorophyll anstellen.

2. Der blutrothe Lichtkegel tritt erst bei einer concentrirteren Chlorophyll-Lösung auf. Zu diesem Behufe brüht man die möglichst zerkleinerten, frischen Pflanzenblätter etwa des Spinates mit heissem Wasser ab,

und behandelt, nachdem das Wasser weggeschüttet worden, das Blattklein mit Alkohol oder Aether auf kaltem oder warmem Wege. Wählt man die letztere Methode, so kommt man selbstverständlich früher zum Ziele. Dass man nur bei mässiger Wärme und in gedeckten Gefässen digerirt, ist ohne weiters einleuchtend.

3. Eine grössere Zahl von Versuchen machte Stokes mit einer Chlorophyll-Lösung, die er wie folgt bereitete: Er kochte die Blätter von gemeinen Brennnesseln mit Wasser ab; hierauf presste und trocknete er sie zwischen Löschpapier und behandelte sie kalt mit Alkohol.

4. Um eine Chlorophyll-Lösung schnell zu gewinnen, wurde käufliches Lorbeeröl, welches bekanntlich Chlorophyll enthält, in heissem Alkohol aufgelöst, und die erkaltete Lösung mit Aether versetzt, um die neben dem Chlorophyll vorkommenden wachsartigen Substanzen zu lösen. Die erhaltene smaragdgrüne Flüssigkeit liess bei Behandlung mit dem Sonnenlichtkegel — nicht die geringste Spur von Roth auftreten. Die Ursache mag wohl in einer Veränderung des Chlorophyll's bei dieser Behandlung oder in dem Umstande liegen, dass das angewendete Lorbeeröl schon alt war. Eine Gelegenheit, den Versuch mit frischem Lorbeeröl zu wiederholen, mangelte bis jetzt.

5. Noch ist zu bemerken, dass der rothe Kegel bei der ätherischen Lösung feuriger erscheint, als bei der alkoholischen. In ähnlicher Weise, und auch umgekehrt, verhält es sich bei anderen ätherischen und alkoholischen Lösungen. Dies hängt natürlich mit den Löslichkeitsverhältnissen des Stoffes zusammen. — Bei sehr verdünnten Chlorophyll-Lösungen erscheint der Lichtkegel schön rosaroth.

6. Meine Chlorophyll-Lösungen habe ich wochenlang im Tageslicht stehen lassen; sie sind dadurch in ihrer Wirksamkeit bezüglich des rothen Lichtkegels wohl etwas geschwächt worden, aber im Ganzen genommen blieben sie zu den Versuchen sehr gut tauglich. Das gänzliche Verderben derselben bezüglich der angegebenen Erscheinungen tritt also keineswegs so rasch ein, als hie und da angeführt wird.

5. Auf ähnliche Art erscheint bei einem ätherischen oder alkoholischen, durchsichtigen, weingelben Auszuge des gestossenen Stechapfelsamens (*Semen Stramonii* oder der Samen von *Datura Stramonium*, *Linn.*) statt eines weingelben — ein kaffeegrüner Kegel; ja sogar, wenn auch matter, bei einem wässerigen (heiss bereiteten) Aufgusse auf das Samenpulver.

1. Die zerstossenen Stechapfelsamen werden nach Stokes mit nicht zu starkem Alkohol behandelt.

Meine Lösungen wurden durch Aufgüsse von Alkohol oder Aether auf Stechapfelsamen, die nicht älter als ein Jahr waren, bereitet. Blieben die Flüssigkeiten nur kurze Zeit (kaum 8 Minuten) auf dem Samenpulver, und wurden sie dann abfiltrirt, so hatten beide Lösungen eine helle weingelbe Farbe sowohl im durchgelassenen als auffallenden Lichte.

Bei der Untersuchung dieser Flüssigkeiten mit dem Lichtkegel ergab sich einerlei Färbung des Kegels, nämlich kaffeegrün.

2. Um den Versuch zu modificiren, wurde ein Theil der zerstossenen, nicht über ein Jahr alten Stechapfelsamen mit Alkohol, und ein zweiter Theil mit Aether zwei Tage lang bei gelinder Wärme in gedeckten Porcellan-Gefässen digerirt.

Es ergaben sich nun zwei wesentlich verschiedene Flüssigkeiten:

a) Die alkoholische Lösung aus den Stechapfelsamen war im durchgelassenen Sonnen- und Tageslichte rhumbraun und im auffallenden Sonnen- und Tageslichte dunkelgrün. Sie liess bei Beschickung mit gesammeltem Sonnenlichte einen kräftig grünen Lichtkegel entstehen.

b) Die ätherische Lösung aus den Stechapfelsamen war sowohl im durchgelassenen als auffallenden Tageslichte hellweingelb, und erst bei Beschickung mit einem Sonnenlichtkegel färbte sich der letztere bläulichgrün, aber viel lichtschwächer als in der alkoholischen Lösung. Die letztere ist also für alle nachfolgenden Versuche empfehlenswerther als die erstere.

Beide Flüssigkeiten erhalten sich in ihrer Wirksamkeit viel länger, als wenn der Aufguss nur kurze Zeit mit dem Samenpulver in Berührung geblieben wäre.

6. In der akoholischen oder wässerigen, im durchfallenden Lichte blauen oder violetten Lackmus-Lösung tritt bei obiger Versuchsweise — ein gelber Lichtkegel auf. Eine alkoholische, angesäuerte Lackmus-Lösung, die im durchgelassenen Lichte klar roth erscheint, lässt ebenfalls einen gelben Lichtkegel entstehen. Ferner bildet sich, unter den besprochenen Bedingungen, ein olivengrüner Lichtkegel in einer ätherischen oder alkoholischen Curcuma-Tinctur, welche im durchgelassenen Lichte rhumbraun oder im verdünnten Zustande gelb erscheint. In einer alkoholischen Guajak-Tinctur, welche im durchgelassenen Lichte braun aussieht, zeigt sich ein an der Oberfläche violetter Kegel. In ähnlicher Weise verhält es sich mit der braunen Sepia-

Flüssigkeit, nur ist der Kegel bläulich. Eine im durchgelassenen Lichte sehr hellrothe, stark verdünnte Orseille-Tinctur färbt den Lichtkegel an der Einfallsfläche dunkelgrün. Die Naphta aus Krasne in Galizien erscheint im durchgelassenen Lichte braun; der Lichtkegel aber kräftig olivengrün. In gleicher Weise verhält es sich, wenn dieselbe mit reinem Terpentin verdünnt wird.

So liesse sich noch eine ganze Reihe von Flüssigkeiten mit derartigen Farbenänderungen am eingelassenen Lichtkegel hiehersetzen. Es mögen jedoch die angeführten genügen.

7. Auch bei festen Körpern können solche Farbenwandlungen an dem darauf gesendeten Lichtkegel erregt werden. Man verschafft sich leicht ein Geräthe, etwa ein Fläschchen (Flacon), ein sogenanntes „Rastel" (eine Messer- und Gabelruhe) u. dgl. m. aus „annagrünem" Glase oder „Kanarienglase." Derartiges Glas erscheint im durchgelassenen Lichte mit gelbem, im auffallenden Lichte mit grünem Schimmer und ist mit Uranoxyd gefärbt. Es soll in Zukunft „Uranglas" heissen. Das Uranglas verdankt eben diesem mit angenehmem Schiller verbundenen Farbenzweierlei seine grosse Verbreitung als Luxus-Gegenstand. Sendet man nun auf ein solches Glas einen Sonnenlichtkegel, so geht er nicht, wie zu erwarten stünde, mit gelber, sondern mit smaragdgrüner Farbe durch.

Die Verkäufer physikalischer Apparate haben bereits Würfel, wie auch linealförmige, ziemlich dicke Streifen aus Uranglas für derlei Versuche auf ihrem Lager. Bei Hervorrufung der eben geschilderten Erscheinungen leistet ein Würfel ganz vorzügliche Dienste. Auf die Glasstreifen kommen wir später zurück (38).

8. Noch andere hieher gehörige feste Stoffe vorläufig übergehend, mag jetzt nur noch das Fluorcalcium oder der Flussspath erwähnt sein. Einige Arten desselben, welche im durchgelassenen Lichte grün (z. B. Flussspath aus Alsten Moor), weingelb (Flussspath aus Beerlston, Devonshire, im k. k. Hofmineralien-Cabinet), nelkenroth und bläulichgelb (Flussspath von Derbyshire) erscheinen, färben den

eingelassenen Sonnenlichtkegel statt grün oder weingelb etc. — blau. Bei einigen der Flussspathe aus Derbyshire ist jedoch der eingelassene Lichtkegel von verschieden gefärbten Streifen durchzogen.

9. Wiederholt man die vorigen Versuche mit sehr hohen oder dicken Flüssigkeitsschichten, so fällt bald auf, dass der in die Flüssigkeiten geworfene Lichtkegel nur bis zu einer bestimmten Tiefe anders gefärbt erscheint, als zu erwarten stand. Von einer gewissen Schichte an geht er dann mit der natürlichen Körperfarbe durch, also z. B. bei der Aeskulinlösung mit ungefärbtem Lichte, bei dem Chlorophyll grün, bei der blauen Lackmus-Tinctur blau u. s. w. Was den Abstand jener Grenzschichte von der Einfallsfläche des Lichtkegels betrifft, so ändert er sich mit der Natur der Flüssigkeit, mit dem Einfallswinkel des Lichtes, und wächst mit der Brennweite der angewendeten Linsen.

10. Bei allen derartigen Versuchen tritt der farbige Kegel augenblicklich mit dem Einlassen des Sonnenlichtkegels auf, und verschwindet wieder momentan mit demselben. Es bedarf also weder einer messbaren Zeit, bis die Erscheinung sich einstellt, noch ist irgend eine Nachwirkung merklich. Ein Gleiches gilt bei allen späteren unseren Gegenstand betreffenden Versuchen, ohne dass es weiter eigens betont wird.

11. Wir haben bisher die Versuche in der einfachsten Weise mit den wenigsten Hilfsmitteln angestellt. Jetzt wollen wir uns um bequemere Vorrichtungen umsehen.

Fig. 2 (pag. 8) zeigt, wie sich mit Hilfe der käuflichen Retortenhälter der Versuch bequemer einrichten lässt. Man erkennt sogleich, dass man in dieser Weise, bei genügend hohem Stande der Sonne, durch passendes Drehen und Auf- und Niederbewegen der Linse den Lichtkegel bald an die Oberfläche der zu untersuchenden Flüssigkeit geleitet hat. Bei niedrigem Sonnenstande (früh am Morgen oder spät am Abend) wird man natürlich den Lichtkegel seitwärts durch das Glas

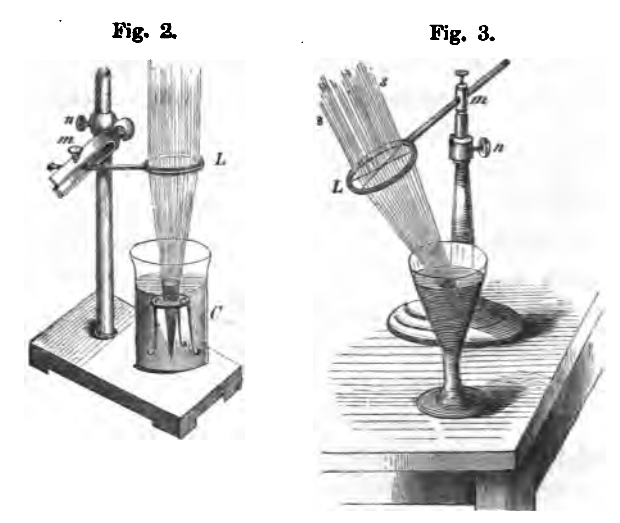


Fig. 2. Fig. 3.

in die Flüssigkeit leiten müssen, wie diess der mit *l* bezeichnete Theil der Fig. 1 andeutet. Fig. 3 stellt eine Anordnung des Versuches mit noch reichlicheren Mitteln dar. Der Träger gestattet die Höhe und Schiefe der Linse leicht abzuändern. Die Neigung wird, wie von selbst klar ist, stets so hergestellt, dass die Sonnenstrahlen senkrecht auf die Linse fallen können, d. h. man sucht die Linse parallel zur Sonnenscheibe zu legen.

Die zu obigen Versuchen angewendete convexe Linse soll möglichst achromatisch sein, denn sonst würden die von der Linse herrührenden Farben das Ergebniss compliciren.

12. Sehen wir uns jetzt die angewendeten Stoffe im directen Sonnenlichte, aber ohne Beschickung mit einem Lichtkegel näher an, so finden wir im zurückgeworfenen Lichte die Oberfläche bei der Aeskulin- und Chininlösung — schön himmelblau, beim concentrirten Blattgrün — dunkelroth, bei der blauen und rothen Lackmustinctur — braun, bei der gelben Curcuma-Tinctur — grünlich, bei der oben erwähnten Naphta olivengrün, bei dem gelben Uranglas — grün, und endlich bei dem grünen Flussspath — blau.

13. Ja sogar im gewöhnlichen Tageslichte, d. h. mit Ausschluss des directen Sonnenlichtes, zeigen die Aeskulin- und Chininlösung im zurückgeworfenen Lichte an der Oberfläche noch ein schönes Blau, die Lackmus-Tincturen eine braune, unsere Naphta eine olivengrüne Farbe, das Uranglas ein Grün (vergl. 7), die obenerwähnten grünen Flussspathe ein Blau. In ähnlicher Weise sehen sich noch viele andere Stoffe (von welchen später noch einige zur Sprache kommen) im auffallenden Lichte anders gefärbt an, als bei durchgelassenen Lichtstrahlen.

1. Um die zweckmässigste Concentration der bereits erwähnten und noch weiterhin zur Sprache kommenden Flüssigkeiten für die eben besprochene Erscheinung im Tageslichte leicht zu finden, giesst man zu destillirtem Wasser, welches in einem gegen das Licht (Fenster) gehaltenen Probegläschen u. dgl. enthalten ist, so lange die entsprechenden Flüssigkeiten, bis die Oberflächenfarben im zurückgeworfenen Lichte schön und deutlich hervortreten. In ähnlicher Weise verfährt man, wenn mit Alkohol oder Aether etc. verdünnt werden soll.

2. Eine sehr hell geröthete alkoholische Lackmus-Lösung bietet im gewöhnlichen Tageslichte die merkwürdigste hieher gehörige Erscheinung. Sieht man durch dieselbe nach dem Fenster hin, so erscheint sie völlig durchsichtig mit schönem Roth; blickt man aber so auf dieselbe, dass kein durchfallendes Licht das Auge zu treffen vermag, so erscheint sie braunschlammig.

B. Geschichtliche Rückschau bezüglich der vorigen Fundamental-Beobachtungen und versuchte Erklärungen.

14. Das zuletzt erwähnte Farbenzweierlei mancher Körper ist eine ältere Erfahrung. Schon Haüy[1]) und andere Mineralogen kennen sie an verschiedenen Flussspatharten. Haüy sah die durchgelassene Farbe als ergänzend (complementär) zur zurückgeworfenen an, und erklärte sie nach der Farbenlehre dünner Blättchen. Auch Prout[2]) beobachtete eine Verschiedenheit der Farbe bezüglich des auffallenden und durchgelassenen Lichtes am „purpursauren Ammoniak" und „purpursauren Kali", bei welchen Sir John Herschel[3]) die zurückgeworfenen grünen Lichtstrahlen als „oberflächliche" Farben und als Analogon der Farben dünner Blättchen ansieht. Herschel führt bei dieser Gelegenheit als weiteres Beispiel solcher „oberflächlichen Farben" das schon oben erwähnte Farbenzweierlei des grünen Flussspathes von Alsten Moor an und dass sich die blaue Oberfläche durch Poliren nicht entfernen lässt.

15. Sir David Brewster[4]), der Altmeister optischer Beobachtungen, fand ähnliche Farbenerscheinungen an den bereits angeführten Flussspathen aus Derbyshire und nahezu an vierzig wässerigen und alkoholischen Lösungen von Pflanzen-Farbstoffen. Er findet als Ursache dieser Farbenerscheinung, nicht wie Herschel die „oberflächlichen", sondern die „inneren Dispersionen." Besonders merkwürdige Beispiele solcher „innerer Dispersionen" sind ihm die alkoholische Lösung des Blattgrünes aus Lorbeerblättern und das Orcin. Das Blattgrün erscheint im durchgelassenen Lichte anfangs hellgrün, dann olivengrün, und im zurückgeworfenen

Lichte blutroth. Lange Zeit dem Lichte ausgesetzt, verschwindet das durchgelassene Grün, während das zurückgeworfene Roth sich erhält [5]). Das Orcinpulver wird durch den Sauerstoff der Luft harzig. Die alkoholische oder weingeistige Lösung dieses harzigen Staubes erscheint im reflectirten Lichte grün, im durchgelassenen Lichte röthlichbraun.

16. Herschel scheint diese Studien Brewster's nicht gekannt haben; denn bei späterer Aufnahme [6]) seiner vorhin angedeuteten optischen Arbeiten findet sich nicht die geringste Spur einer Kenntnissnahme davon. Nachdem nämlich abermals das Farbenzweierlei des grünen Flussspathes aus Alsten Moor, und das Blau bei demselben als „Oberflächenfarbe" besprochen wird, erwähnt er noch ähnlicher Farbenerscheinungen an gewissen Gläsern, welche eine grüne Farbe zurückwerfen, und eine bläulichrothe durchlassen. Bei Flüssigkeiten dagegen seien wenig derartige Farbenzerlegungen beobachtet worden. Priestley [7]) führe zwar einen Auszug aus „nephritischem Holze" und eine „Schwefelchlorid-Lösung" als hieher gehörig an, aber, so weit Herschel sich erinnert, zeige jener Auszug, wenn er filtrirt wird, das Farbenzweierlei nicht mehr, woraus er folgert, dass feinschwebende feste Theilchen die Ursache jenes Farbenzweierleies seien. Was aber die Schwefelchlorid-Lösung betreffe, so verwandle sich, wie bei noch anderen dichromatischen Flüssigkeiten, die grüne Absorptions-Farbe in eine rothe.

17. Nun kommt Herschel auf das schwefelsaure Chinin, welches in angesäuertem Wasser aufgelöst wird. Die saure Chininlösung erscheint (wie uns bereits bekannt ist) im durchgelassenen Lichte völlig wasserklar, im auffallenden Lichte aber schön himmelblau. Besonders gut (fügen wir hinzu) lässt sich diese Erscheinung in einem weiten Glase wahrnehmen, zumal wenn es flache Wände besitzt (wie die Reiseflaschen, die parallelopipedischen Glasgefässe bei der Smee'schen Batterie, manche Toilette-Gefässe für Seife u. dgl. m.). Man

gewahrt dann im zurückgeworfenen Lichte oder noch unvergleichlich schöner, wenn man von oben in die Flüssigkeit blickt, dass die herrlich blaue Farbe nur nahe an der Einfallsseite des Lichtes entsteht. Ein Gleiches zeigt sich am Spiegel der Flüssigkeit. —

18. Nach dem Durchdringen der ersten Schichten (beiläufig 0·02 Zoll) scheint das Licht die Eigenschaft nicht mehr zu besitzen, derartige Färbungen hervorzubringen. Es geht dann farblos und nicht merklich geschwächt durch die anderen Schichten der Flüssigkeit, wie durch Wasser hindurch. Dickere Schichten der sauren Chinin-Auflösung scheinen also für jene blauen an der Oberfläche auftretenden Lichtstrahlen nicht durchgänglich. Die Flüssigkeit ist für dieselben undurchsichtig (opak). Im directen Sonnenlichte dringt zwar das blaue Licht viel tiefer ein, und als Herschel durch totale Reflexion mit Hilfe eines Prismas ein Strahlenbüschel Sonnenlicht auf die Oberfläche leitete, sogar bis nahezu auf einen halben Zoll. Weil aber das Licht die Fähigkeit verloren hat, in den weiteren Schichten der Flüssigkeit abermals blaues Licht zu erzeugen, so sieht Herschel die oberflächlichen Schichten der Flüssigkeit als Grenze jener Farbenentwickelung an.

19. Obwohl man direct wahrnimmt, dass die blaue Farbe nur auf die Oberfläche beschränkt ist, so trennte Herschel überdies die Flüssigkeitsschichten durch eine farblose Glasscheibe *ec* (Fig. 2), die er in etwas weitem Abstande parallel zu jener Fläche legte, auf welche das Licht einfiel. Es zeigte sich unter der eingebrachten Glasplatte nicht die geringste Färbung. Auch eine zweite gleichartige Chinin-Lösung, welche hinter der ersten so gestellt wurde, dass kein fremdes Licht dazu kommen konnte, blieb sowohl im auffallenden als durchgelassenen Lichte farblos. Bei Kerzenlicht zeigten sich die Erscheinungen viel matter, und das Blau ging in ein schwaches Violett über.

20. Andere Pflanzen-Alkaloide, als Cinconin, Salicin u. dgl.

verhielten sich nicht wie das Chinin; wohl aber das Aeskulin in Wasser gelöst, und das „Colophen", eine dicke Flüssigkeit, welche im durchgelassenen Lichte farblos, im auffallenden Lichte aber blau erscheint.

Von dem Farbenspiel der Chinin-Lösung wussten die Chemiker, Apotheker und Aerzte schon lange, und auch das Aeskulin war in dieser Beziehung schon früher gekannt und fand eben deshalb Anwendung zur Darstellung schillernder Liqueure. Die richtige Erklärung dieser Erscheinungen verdanken wir jedoch, wie sich bald zeigen wird, der Neuzeit.

21. John Herschel hat alle derartigen Farbenerscheinungen unter der Bezeichnung „epipolische Dispersion" (oberflächliche Farbenzerstreuung) zusammengefasst, weil er, wie bereits erwähnt, nach seinen Wahrnehmungen zur Annahme berechtigt schien, jene Farbenzerstreuung erfolge nur an der Oberfläche (επιπολη) der untersuchten Stoffe. Ein Lichtbündel, welches durch einen der oben genannten Stoffe gedrungen, und in Folge dessen nicht mehr fähig ist, in einem gleichartigen Stoffe eine der ersten Farbenerscheinung ähnliche hervorzurufen, nennt er „epipolisirt." Bei der Zerlegung der epipolisirten Lichtbündel im schwefelsauren Chinin mittelst eines Prismas (bei der Spectral-Analyse) zeigten sich dieselben aus Strahlen von zwar sehr verschiedener Brechbarkeit zusammengesetzt, worin aber die weniger brechbaren Strahlen des Spectrums mangelten. Bei der Untersuchung mittelst einer Turmalin-Platte verrieth sich keine Polarisation.

22. Da die blaue Farbe an der Oberfläche jener Körper zurückgeworfen wird, so sollte das durchgelassene Licht complementär, also eine Art Orange sein. Herschel erklärt den thatsächlichen Widerspruch dadurch, dass er annimmt, nur ein geringer Theil des weissen Lichtes werde des Blau beraubt; der grössere Theil des weissen Lichtes gehe durch, und wegen seiner Lichtstärke könne im Vergleich damit das schwache Orange nicht bemerkt werden.

23. Diese Erklärung steht mit jener von der „inneren Dispersion" (15) in schroffem Widerspruch, wodurch

Brewster zu abermaligen Studien der so merkwürdigen Erscheinungen veranlasst wurde [8]). Er leitete diesmal mittelst einer Brennlinse einen Kegel des Sonnenlichtes auf die zu untersuchenden Stoffe, und kam zu Resultaten, wie wir sie bereits der Hauptsache nach kennen. Die Untersuchungs-Methode mit dem auf die Stoffe gesendeten Lichtkegel rührt also im Wesentlichsten von Brewster her. Eine Glasscheibe in die Flüssigkeiten nicht zu weit von der lichteinlassenden Oberfläche und parallel zur letzteren gelegt, lässt jetzt (vergl. 19) die durchgehende Spitze des eingelassenen Lichtkegels so gefärbt, wie es in den früheren Paragraphen angegeben wurde.

24. Was die Polarisation der gefärbten Lichtkegel betrifft, so fand Brewster mittelst eines Kalkspath-Zerlegers meistens den eigentlichen Kern derselben „allseitig", d. i. in gewöhnlichem Sinne „unpolarisirt"; ein Theil derselben jedoch ergab sich als nur in einer, und zwar in der Reflexions-Ebene polarisirt. So z. B. waren die weisslichen Theile in dem blauen Lichtbündel bei der Chinin- und Aeskulinlösung nur in einer Ebene polarisirt; das tiefblaue Bündel aber zeigte eine „allseitige" Polarisation *(a quaquaversus polarisation)*.

25. In ähnlicher Weise verhält es sich auch mit den weisslichen und eigentlich gefärbten Theilen der anderen Lichtkegel. Beim Uranglas jedoch fand er den ganzen Lichtkegel „allseitig" polarisirt, d. h. unpolarisirt. Höchst merkwürdig ist noch der Umstand, dass ein starkes polarisirtes Lichtbündel in die Chinin-Lösung eingelassen, das blaue Licht entstehen lässt, dass dieses aber dann — unpolarisirt oder, mit Brewster's Ausdruck, „allseitig" polarisirt erscheint, so als ob das Licht durch eine ausserordentlich grosse Anzahl doppelt brechender kleiner Krystalle ginge, welche mit ihren Axen nach allen möglichen Seiten gerichtet sind [9]).

26. Die Ursache der gewöhnlichen weissen und farbigen Opalescenz liegt bekanntlich bei unvollkommenen krystalli-

sirten Körpern in Reflexionen des Lichtes an den krystallischen Wänden von Blasen, Höhlungen u. dgl., oder bei Flüssigkeiten in Reflexionen an darin schwebenden kleinen unausgebildeten Krystallchen. Die Erscheinungen des „Epipolismus" (Herschel) oder besser der „inneren Dispersion" (Brewster) sind jedoch von einer solchen Opalescenz durch ihre „allseitige" Polarisation sehr verschieden. Die allseitige Polarisation aber hätte ihren Grund, wie bereits erwähnt, in einer sehr grossen Anzahl kleiner doppelt brechender Krystalle, welche mit ihren Axen nach allen möglichen Richtungen liegen, und bei welchen das Licht von den hinteren Flächen mit allseitiger Polarisation zurückgeworfen würde.

27. Nach Brewster ist also die epipolische Erscheinung nur ein besonderer Fall der inneren Dispersion, wobei die der Dispersion fähigen Lichtstrahlen ausserordentlich schnell zerstreut (dispergirt) werden. Welches aber die wirksamen Strahlen sind, und warum sie so schnell schon bei einer Schichte von der Dicke eines Zollbruchtheiles unwirksam werden, während die von ihnen erzeugten Strahlen ungehindert durch die Flüssigkeiten gehen, selbst wenn die Dicke der Flüssigkeitsschichte mehrere Zolle beträgt — blieben offene Fragen. Dazu kommt noch, dass das durchgelassene Licht, wenn man es prismatisch zerlegt, keineswegs einen Mangel an jenen Farben verräth, welchen die dispergirten Strahlen bezüglich ihrer Brechbarkeit vorzüglich angehören. Durch das diesen Räthseln innewohnende höhere Interesse angezogen, unternahm Sir George Stokes (Professor der Mathematik zu Cambridge) eine Revision der Herschel'schen und Brewster'schen Versuche [10]. Er fand ihre Angaben (wie bei solchen Beobachtern zu erwarten stand) richtig. Demnach müssen die erzeugten dispergirten Strahlen von den erregenden auf irgend eine Art qualitativ verschieden sein. Es könnte sich also nur die Brechbarkeit oder der Polarisations-Zustand geändert haben.

28. Seit Newton galt als Grundsatz, dass einfach farbige Lichtstrahlen (homogenes Licht) bei jeder beliebigen Zurückwerfungs- und Brechungsweise ihre Farbe im Geiste der Ausstrahlungslehre (der Emanations-Theorie) die Periode der Anwandlung und bei Zugrundelegung der Wellengesetze (nach der Undulations-Hypothese) die Schwingungsdauer der betreffenden Aethertheilchen unverändert bewahren müssen. Demnach hielt man es z. B. für unmöglich, dass Stoffe (Mittel, Medien) die auf sie fallenden, einfach violetten Lichtstrahlen bei der Zurücksendung in das alte Mittel in blaues oder in Licht von noch tieferer Brechbarkeit zu verwandeln im Stande wären. Dispergirtes Licht von einer bestimmten Brechbarkeit könnte demnach nur aus einem in dem einfallenden Lichte enthaltenen Lichte von derselben Brechbarkeit entstehen. Diesen Grundsatz anerkennend suchte Stockes die Ursache jener Erscheinungen in einer Aenderung des Polarisations-Zustandes. Er stiess aber dabei auf so viele Unwahrscheinlichkeiten [11]), dass er es vorzog, lieber eine Veränderung in der Brechbarkeit der einfachen Farben vorauszusetzen.

29. So befremdend diese Annahme auch klingt, so empfiehlt sie sich dennoch in hohem Grade durch die Leichtigkeit, mit welcher sie die räthselhaften Erscheinungen des Epipolismus oder besser der inneren Dispersion erklärt. Bekanntlich liegen im Spectrum jenseits des Violettes noch Lichtstrahlen, die ihr Dasein in der Regel nur durch chemische Wirkungen verrathen, indem sie die ihnen dargebotenen lichtempfindlichen Stoffe schwärzen. Man nennt sie „ultraviolette" oder auch (wenn auch etwas unpassend) „unsichtbare" oder „dunkle" Lichtstrahlen. Dieselben vermögen nämlich, wegen der Kleinheit und Schnelligkeit in der Bewegung ihrer Aethertheilchen, unter gewöhnlichen Umständen nicht mehr die Netzhaut des Auges zu erregen. (Hierüber später ein Näheres.) Nun braucht man aber nur anzunehmen, dass jene ultravioletten Lichtstrahlen, wenn sie

auf gewisse Mittel fallen, die kleinsten Theilchen der Materie in solche Schwingungen zu versetzen vermögen, wie sie nur bei selbstleuchtenden Körpern vorkommen. Die so hervorgerufene periodische Bewegung der Körper-Atome bewirkt wieder Aether-Vibrationen. Unter gewissen Bedingungen, auf die wir weiterhin eingehen werden, können dann letztere von grösserer Schwingungsdauer, also von geringerer Brechbarkeit, als die erregenden Lichtstrahlen ausfallen, und so die Netzhaut des Auges afficiren. Die dünne farbige Schichte an der Einfallsseite des Lichtes bei den uns bereits bekannten Stoffen würde darauf hindeuten, dass diese Stoffe zwar für die sichtbaren Strahlen durchgänglich seien, nicht aber für die ultravioletten. Für letztere wären sie undurchdringlich (opak). Den Uebergang von der gänzlichen Durchsichtigkeit der Lichtstrahlen (von der Transparenz zur Opacität) würden die Strahlen von der dazwischenliegenden (intermediären) Brechbarkeit vermitteln — und so die farbigen Oberflächen (Herschel) und farbigen Lichtkegel (Brewster) erzeugen. Damit wäre auch der Umstand erklärt, dass (nach 19) der blaue Schimmer der schwefelsauren Chinin-Lösung bei Kerzenlicht so abgeschwächt erscheint. Dem Kerzenlichte fehlen nämlich, wie eine prismatische Analyse [12]) der Kerzenflamme lehrt, die ultravioletten, d. i. hier wegen ihrer Wirksamkeit sehr in Betracht kommenden ultravioletten Strahlen.

30. Es kam nun darauf an, diese wegen einer vorausgesetzten Brechbarkeits-Aenderung so auffallende Hypothese durch entscheidende Versuche zu prüfen.

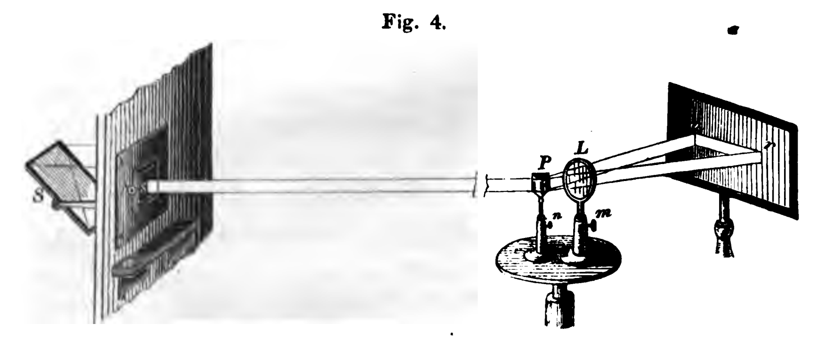
Dies that Stokes in der mannigfachsten Weise [13]), und fand seine bereits von uns wiedergegebenen Voraussetzungen richtig.

Wir wollen im Folgenden die wichtigsten Versuche mit einigen Vereinfachungen wiederholen, später aber auch Stokes' Vorgang möglichst treu skizziren.

C. Grundversuche im einfachfarbigen (homogenen) Lichte oder im prismatischen Farbenbilde (im Spectrum).

31. Man versehe einen an der Sonnenseite gelegenen Fensterladen des möglichst dunkeln Versuchszimmers mit einer lothrechten Spalte, und leite (Fig. 4) durch letztere in wagrechter Richtung directes Sonnenlicht auf ein in grösserer Entfernung (10 bis 12′ und darüber) für die kleinste Ablenkung aufgestelltes Flintglas-Prisma von grossem brechenden Winkel (60 bis 75°). Wird nun Sorge getragen, das die

Fig. 4.

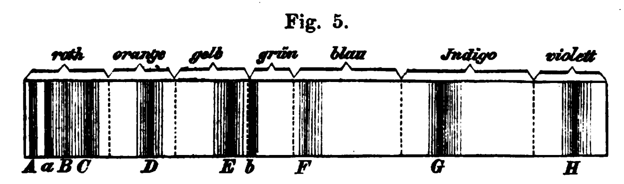


aus dem Prisma tretenden Lichtstrahlen durch eine möglichst achromatische Sammellinse von grosser Brennweite (3 bis 4′) gehen müssen, und steht die Linse unweit dem Prisma (4 bis 8″), so erhält man auf einem in passender Entfernung angebrachten weissen Papierschirme ein F r a u e n h o f e r'sches F a r b e n b i l d. Obwol ich dasselbe und seine Eigenschaften als bekannt voraussetze, so mag wegen der späteren Berufungen auf die festen Linien eine Abbildung des-

selben hier Platz finden (Fig. 5). Das Prisma erhält eine solche Lage, dass die Länge des Farbenbildes wagrecht, mithin seine dunklen Geraden lothrecht zu liegen kommen.

Auf die festen Linien des in Fig. 5 dargestellten Spectrums werden wir sehr oft zurückkommen. Diese Figur ist also bei solchen Besprechungen stets nachzusehen — ohne dass sie eigens angerufen (citirt) wird.

Fig. 5.



32. Durch dieses Farbenbild führe man in wagrechter Richtung, vom Roth ausgehend, die bereits bekannte wasserklare Auflösung von schwefelsaurem Chinin, welche sich in einem lothrecht gehaltenen cylindrischen Probegläschen befindet. Während so die Flüssigkeit das Spectrum durchwandert, ereignet sich nahezu im ganzen sichtbaren Theile des Farbenbildes nichts Auffallendes. Die farbigen Lichter des Farbenbildes gehen ohne Hinderniss durch die Flüssigkeit, wie durch eben so viel reines Wasser. Etwas vor dem äussersten Violett angelangt — erscheint jedoch plötzlich in der Flüssigkeit ein schwaches blaues Licht, welches die Röhre quer durchzieht. Führt man die Röhre in der früheren Richtung noch weiter, so wächst die Stärke des in der Flüssigkeit so räthselhaft auftretenden blauen Lichtes, und die blaue Helligkeit dauert noch fort, wenn man mit der Auflösung auch bereits in dem unsichtbaren oder überviolетten, d. i. in dem nur durch chemische Wirkungen sich verrathenden Theile des Spectrums angekommen ist. Das blaue Licht verschwindet endlich nur langsam, wenn man die Flüssigkeit weit über das auf dem Papierschirme sichtbare violette Ende des Farbenbildes hinausgeführt hat. Während früher das blaue Leuchten quer die ganze Röhre erfüllte, zieht es sich zuletzt bis auf eine sehr dünne Schichte an jener Seite zurück, durch welche die

Lichtstrahlen in das Röhrchen treten. So oft man in ähnlicher Weise eine wasserhelle schwefelsaure Chininlösung in die unsichtbaren Strahlen eines auch nur mässig reinen Spectrums versenkt — wird sie augenblicklich erhellt. Wie durch ein Wunder wird Finsterniss in Licht verwandelt.

33. Es versteht sich von selbst, dass dieser Grundversuch — der im Wesentlichen von Stokes das erstemal angestellt wurde — die mannigfachsten Abänderungen sowohl bezüglich der Erzeugung des Spectrums als hinsichtlich der Handhabung der Chininlösung erlaubt. Der Hauptsache nach kommt es darauf an, eine schwefelsaure Chininlösung in die übervioletten Lichtstrahlen eines Spectrums zu tauchen. Es genügt daher schon ein mässig reines Spectrum, auch wenn die Frauenhofer'schen Linien fehlen.

1. Will man mit einem Frauenhofer'schen Spectrum arbeiten, so kann man es entweder wie oben angeführt, oder auch nach anderen in den grösseren Lehrbüchern der Physik vorgetragenen Methoden erzeugen. Vergrössern oder verkleinern lässt sich bekanntlich ein derartiges Spectrum, wenn man das Prisma aus seiner Minimum-Stellung um die lothrechte Axe nach rechts oder links dreht, und den Schirm beziehungsweise vom Prisma entfernt oder demselben nähert.

2. Wem kein regelrechtes Prisma zu Gebote steht, der kann mit dem Flintglas-Prisma eines Candelabers das Sonnenlicht-Spectrum erzeugen. Nach O. N. Rood[14]) kann man selbst mit derartigen Prismen noch einige der Frauenhofer'schen Geraden erzeugen.

34. In ähnlicher Weise, wie unsere Chininlösung, erhellt sich in der dunkeln Gegend des Spectrums eine wasserklare Aeskulin-Lösung mit blauem Lichte, ein weingelber Auszug von Stechapfelsamen mit grünen Strahlen. Ein Stück Uranglas (etwa ein Würfel) wird in der finstern Region des Spectrums mit grünem Lichte kräftig leuchtend. Eine herrliche Erscheinung! — Die grünen Flussspathe aus Alsten Moor werfen in diesem nächtigen Theile des Spectrums ein blaues Licht zurück. Ein ähnliches Verhalten zeigen viele jener Stoffe, welche im hellen Tageslichte eine andere Farbe zurückwerfen und eine andere durchlassen.

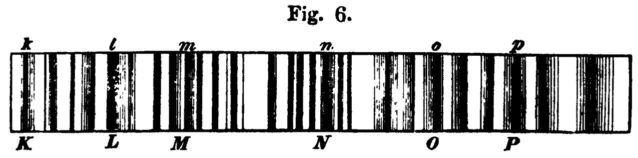
35. Die chemischen, das sind die blauen, violetten und ultravioletten Lichtstrahlen erleiden also in der That, wie Stokes vermuthete, in gewissen Stoffen eine Brechbarkeitsänderung; es erübrigt nur noch direct nachzuweisen, dass jene Mittel für Lichtstrahlen hoher Brechbarkeit undurchdringlich (opak) seien. Bringt man vor die lichteinlassende Spalte eine dicke Schichte reinen Wassers (etwa in einem Trinkglase), so bleibt das Spectrum ungeändert; es verschwindet aber der Theil zwischen G und H und von da weiter gegen die übervioletten Strahlen, wenn man das Wasser durch eine ebenso dicke Schichte jener Stoffe ersetzt, welche bei unseren Versuchen die Farbe des eingelassenen Lichtkegels abänderten.

36. „Epipolisirtes" Licht ist demnach solches, welches Strahlen, die brechbarer als Violett sind, nicht mehr enthält. Jene Bezeichnung („epipolisirtes Licht") wäre nun, weil sie auf einer falschen Vorstellung über die Ursache der an der Oberfläche gewisser Stoffe im Tageslichte unerwartet auftretenden Farben (wie z. B. beim schwefelsauren Chinin . . . .) beruht, durch eine passendere zu ersetzen. Als von einer in gewöhnlicher Weise zurückgeworfenen Farbe lässt sich, wie wir es bisher gethan, über jene Farben noch weniger sprechen. Stokes schlug daher den Ausdruck „dispersive Reflexion" vor, setzt aber (in einer Note) hinzu, dass ihm diese Benennung selbst nicht gefalle, und dass er jene Erscheinungen am liebsten mit „Fluorescenz" bezeichnen möchte, hergeleitet in analoger Weise von Fluorcalcium (Flussspath) wie Opalescenz von Opal. In der That hat das Wort „Fluorescenz," weil es so frei von jeder theoretischen Ansicht ist, schnell Eingang gefunden für alle bisher geschilderten Erscheinungen des „Epipolismus" und der „inneren Dispersion", wie auch für alle damit im Wesentlichen zusammenhängenden Phänomene, welche noch weiterhin zur Sprache kommen. Stokes selbst aber spricht in seiner ersten Abhandlung stets nur von

„wahrer innerer Dispersion“, oder auch nur schlechtweg von „innerer Dispersion“, wo wir jetzt an „Fluorescenz“ denken. Stoffe, welche die auf sie fallenden Lichtstrahlen (wie bisher gezeigt wurde) von einer höheren auf eine niedrigere Brechbarkeitsstufe zu bringen vermögen, heissen „fluorescirende“ oder „empfindliche“ Mittel.

37. Lässt man das Frauenhofer'sche Farbenbild auf einen fluorescirenden Stoff fallen, welcher selbstverständlich dem Spectrum eine hinreichend grosse ebene Auffangfläche bieten muss, so zeigt sich das Farbenbild sehr bedeutend länger, als auf dem sonst gebrauchten Papierschirme, und zwar nach Umständen etwa um $1/3$ bis $1/2$ (und noch sehr weit darüber) seiner gewöhnlichen Länge. Diese Verlängerung ist (Fig. 6) von neuen dunkeln Linien parallel

Fig. 6.



zu den Frauenhofer'schen Geraden durchsetzt. Stokes bezeichnet diese Linien mit den Buchstaben *k*, *l*, *m*, *n*, *o*, *p* .... Wie die Zeichnung lehrt, dient jeder Buchstabe sowohl zur Benennung der zugehörigen Gruppe, als auch zu der deutlichsten Linie in der Gruppe. Stokes hat die kleinen Buchstaben gewählt, weil die gleichnamigen Anfangsbuchstaben schon früher zur Bezeichnung ähnlicher Linien im chemischen Spectrum angewendet wurden. Wie eine genaue Vergleichung des Fluorescenz-Spectrums mit dem chemischen und photographirten Spectrum lehrt[15]), sind die dunkeln Linien in dem fluorescirenden und chemischen Spectrum die nämlichen.

38. Auch die Farbe des Spectrums erscheint, je nach dem angewendeten Stoffe, von einer gewissen Stelle an bis gegen das chemisch wirkende Ende hin, ge-

ändert; so zeigt es sich bei einer Aeskulin-Lösung schon ein wenig vor G, und bei einer sauerwässerigen Lösung des schwefelsauren Chinins zwischen G und H, und von da weiter fast in dem ganzen verlängerten Theile des Farbenbildes hellblau (weissblau), ausser gegen Ende, wo es graublau wird.

Eine Chlorophyll-Lösung färbt nahezu das ganze Spectrum dunkelroth, wenn auch mit verschiedenem Tone.

Bei der Stechapfel-Tinctur beginnt beim Streifen F eine blasse, aber dennoch sehr deutlich grüne Färbung.

Bei der alkoholischen Lakmus-Lösung fängt die Farbenänderung nahezu bei der festen Linie D mit Orange an, und geht weiterhin in Grün über.

Die Curcuma-Flüssigkeit färbt das Spectrum etwas vor der festen Linie F orange, weiterhin aber gelb und gelbgrün.

Das Uranglas endlich zeigt das Spectrum etwa von der festen Linie b an bis gegen das Ende grün, und zwar nahezu mit gleicher und bedeutender Stärke, ausgenommen die Stelle von F bis etwa $1/3$ vor G, wo die geringste Intensität (ein Minimum) sich einstellt.

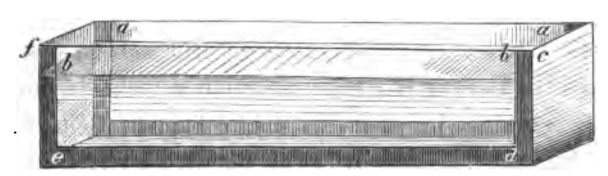
In ähnlicher Weise verhält es sich bezüglich der Farbenänderung auch mit anderen Stoffen, auf die wir noch späterhin kommen.

Das Uranglas wird bei diesem Versuche in Form einer linealförmigen von einem Stative getragenen Platte (siehe 7) angewendet.

39. Damit die Flüssigkeiten dem Spectrum die erwünschte ausgedehnte Ebene zu bieten im Stande seien, sieht man sich nach länglichen Gefässen mit parallelen geraden Glaswänden um. Im Nothfalle kann man dazu die parallelopipedischen Glasgefässe, wie sie für Seife und andere Toilettegegenstände im Handel vorkommen, verwenden, und sie, meist als zu kurz, im Spectrum verrücken. Ausser dieser Unbequemlichkeit haben sie aber noch einen wesentlichen Fehler: sie sind aus zu dickem Glase, was, wie sich später von selbst erklärt (43 u. 44), dem Versuche Eintrag thut. Ist es

nur einigermassen möglich, so verschafft man sich Gefässe (Fig. 7), bei welchen zwei möglichst dünne, weisse Glasscheiben *aa* und *bb* durch metallene (messingene) Fassungen *c*, *d*, *e* und *f* parallel auseinander gehalten werden.

Fig. 7.



Auch derartige Geräthe kommen bereits in den Verkaufslagern physikalischer Instrumente vor. Für wässerige Lösungen sind die Glasplatten mit Schellack, für ätherische und alkoholische Flüssigkeiten aber mit Hausenblase, oder für jede Art der genannten Lösungen mit Kautschuk angekittet, und zwar im letzteren Falle so, dass die Rahmen an jenen Stellen, wo die Glasplatten lehnen sollen, mit dem erweichten Kautschuk bestrichen werden. Auf die so mit Kautschuk versehenen Ränder drückt man die Glasscheiben an. Weil Kautschuk im Wasser und Weingeist völlig unlöslich, im Aether aber nur schwer löslich ist, so ist durch Anwendung des Kautschuks als Kitt dem Ablösen der Glasscheiben von dem Messingrahmen vorgebeugt. Da aber auch Flüssigkeiten vorkommen könnten, welche das Metall (Messing) angreifen, so wäre es jedenfalls sehr erwünscht, wenn die mit der Lieferung physikalischer Instrumente beschäftigten Handlungen parallelopipedische dünnwandige Tröge von verschiedenen Maassen, besonders aber sehr lange (1 bis 2′ und darüber) in der Glashütte eigens anfertigen liessen. Bis dahin wird man sich für diese Fälle damit behelfen müssen, dass auf die beiden offenen abgeschliffenen Enden weiter Glascylinder Spiegelplatten gekittet oder durch Metallbänder und Schrauben darauf gepresst werden. Wie man dabei die Flüssigkeiten einfüllt und wie man auch hier die Vorrichtung im Farbenbild verschieben müsse, leuchtet von selbst ein.

40. Bei den nächst vorher stehenden Versuchen ist also vorausgesetzt, dass die fluorescirenden Flüssigkeiten sich in dünnwandigen parallelopipedischen Glasgefässen befinden, auf deren Vorderwand das Frauenhofer'sche Farbenbild fällt. Die Erscheinungen bezüglich der erwähnten Verlängerung und Farbenwandlung, so wie der neu auftretenden dunkeln Linien in dem derartig aufgefangenen Farbenbilde sind demnach

an der Vorderseite der Gefässe zu beobachten. Um den Gegensatz dieser neuen Erscheinungen im Vergleich mit den älteren auf einem Papierschirme gut wahrnehmen zu können, wird man an die Vorderwand der parallelopipedischen die Flüssigkeiten enthaltenden Glaströge eine weisse Papierfläche bringen, und rasch wieder wegnehmen. Dies einigemal schnell wiederholt, wird den Unterschied deutlich hervortreten lassen. Bei unserer Chininlösung z. B. werden wir sehen, wie die Strahlen des Spectrums etwa bis zum Blau wie durch Wasser unbeirrt durchgehen. Man wird also an der Vorderwand von dem Theile des Spectrums bis Blau nur den geringen Antheil von den entsprechenden Farben wahrnehmen, welche von der Glasplatte zerstreut wird. — Im Blau aber wird die in Hellblau geänderte Farbe auftreten, und mit den neuen Linien weit über *H* hinaus mit verschieden lichtblauen Farbenstufen hinausreichen, bis es mit einem Graublau endet. Für die Aeskulin-Lösung verhält es sich fast ganz gleich, und bei den anderen Flüssigkeiten, mit Rücksicht auf die anderen Farben (38), ähnlich. Es versteht sich von selbst, dass die im chemisch-wirkenden Theile des Spectrums auftretenden dunkeln Linien sich bei einer gewissen Haltung des Auges als dunkle Ebenen zeigen, welche den farbengeänderten Theil des Farbenbildes, mithin z. B. bei der Chinin-Lösung das Blau, durchschneiden. Bringt man das Auge in die entsprechende Ebene, so verwandeln sich jene dunkeln Ebenen in gerade schwarze Linien (werden als dunkle Linien projicirt). Das Blattgrün lässt jedoch jene festen Linien minder deutlich wahrnehmen, weil sie sich auf dunkelrothem Grunde entfalten (38).

41. Blickt man, während das Spectrum auf die Vorderwand der gläsernen parallelopipedischen Wanne fällt, von oben in die Flüssigkeiten, so deuten die in der Breite (Dicke) der Flüssigkeit liegenden Stellen, wo die erregten Farben erlöschen, die Beziehungen des Absorptions-Vermögens der entsprechenden Stoffe zur Brechbarkeit des einfallenden Lichtes an.

Die Tiefe der durch Fluorescenz entstandenen Farbenschichte ist in der Regel nahe dem Anfangspuncte der Fluorescenz am grössten. Im Allgemeinen scheint unter sonst gleichen Umständen das Absorptions - Vermögen der fluorescirenden Stoffe rasch mit der Brechbarkeit zu wachsen. Wir wollen als Beispiel die Erscheinungen der Chinin-Lösung hier aufnehmen. In ähnlicher Weise verhält es sich mit anderen durchsichtigen, wenn auch festen Stoffen.

42. Bei der Chinin-Lösung durchdringt das auftretende Blau nahe dem Anfangspuncte der Fluorescenz, d. i. etwa im Halbirungspuncte des Abstandes *G* und *H*, 2 bis 3 Zoll die Flüssigkeit. Rasch nimmt diese Dicke gegen das Violett hin ab. Bei *H* ist sie bereits, je nach der Menge des aufgelösten schwefelsauren Chinins, auf 1 bis 2 Linien herabgesunken, und von da weiter beschränkt sich das entstandene Hellblau und weiterhin Graublau fast nur noch auf die Oberfläche. Jedenfalls lässt also ein fluorescirender, durchsichtiger Stoff bei genügender Dicke die fluorescenzerregenden, d. i. „wirksamen" Strahlen nicht durch; er ist für dieselben opak (18). Hieraus folgt aber nicht umgekehrt, dass ein Körper, der die wirksamen Strahlen zurückhält, auch fluoresciren müsse. Der Unterschied zwischen gewöhnlicher Absorption und Fluorescenz besteht darin, dass bei jener ein Theil des einfallenden Lichtes völlig ausgelöscht, also unsichtbar, während er bei dieser zerstreut und sichtbar wird [16]).

43. Bleibt die Anordnung des Versuches, wie bisher, und bedeckt man überdies die lichteinlassende Spalte mit durchsichtigen Stoffen, so lässt sich in dieser Weise die Durchgänglichkeit der eingeschalteten Körper für die „wirksamen" Strahlen unmittelbar prüfen. Jene Strahlen sind von dem Zwischenmittel absorbirt worden, welche dann in dem verlängerten Theile des Spectrums auf dem fluorescirenden Auffangekörper fehlen, d. h. wo dieser nachher dunkle Stellen zeigt. In ähnlicher Weise kann man das Licht, bevor es die auffangenden Stoffe trifft, von den auf die Ab-

sorption der fluorescirenden Strahlen zu untersuchenden Körpern zurückwerfen oder reflectiren lassen.

44. Wir werden später auf derartige Stoffe zurückkommen. Hier theilen wir indessen mit, dass Schwefelkohlenstoff selbst in geringen Dicken fast alle fluorescenzerregenden Strahlen zurückhält. Daraus folgt, dass gläserne mit Schwefelkohlenstoff gefüllte Prismen (Schwefelkohlenstoff-Prismen) zur Hervorrufung des prismatischen Farbenbildes für Fluorescenz-Versuche nicht tauglich sind. Quarz zeigt sich in hohem Grade durchgänglich für die „wirksamen“ Strahlen, Flintglas im Vergleich mit Quarz ergab sich weniger durchgänglich, noch unvergleich weniger Crownglas. Stokes vermuthet zwar, dass vollkommen reines Flintglas ebenso durchgänglich wie Quarz wäre[17]; aber in so hohem Grade der Reinheit ist es wohl nur höchst selten oder nie zu finden. Die Metalle als Spiegel verwendet, absorbiren nur sehr wenig wirksame Strahlen, während Glasspiegel eine grössere Anzahl derselben verschlucken. Aus alldem ergibt sich: Um die Fluorescenz-Erscheinungen in ihrer ganzen Vollkommenheit hervorzurufen, wird man statt der Prismen, Linsen und parallelopipedischen Gefässe aus Glas — dieselben, wenn irgend möglich, aus Quarz und ebenso bei dem Heliostaten statt des Glasspiegels einen Metallspiegel anwenden. Die Quarzlinsen müssen senkrecht zur optischen Axe, und ebenso die Quarzprismen derart geschliffen sein, dass die Lichtstrahlen parallel zur optischen Axe durchgesendet werden können.

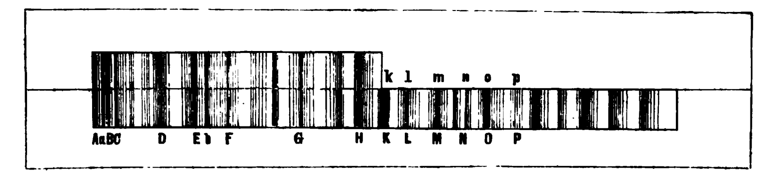
Die oben auseinandergesetzte Methode ist der für die sichtbaren Strahlen nachgebildet. Bekanntlich prüft man z. B. die Durchgänglichkeit farbiger Gläser, farbiger Flüssigkeiten u. dgl. für die verschiedenfarbigen Strahlen dadurch, dass man auf einem weissen Papierschirme ein Frauenhofer'sches Farbenbild darstellt, und hierauf den lichteinlassenden Schlitz mit dem zu untersuchenden Mittel bedeckt. Die Strahlen jener Farben, welche in Folge dessen an dem Spectrum verlöschen, sind von den eingeschalteten Stoffen zurückgehalten oder absorbirt worden.

45. Man bedecke das Spectrum, welches auf eine fluorescirende Flüssigkeit (in der bereits bekannten Weise) gefallen ist, mit einem langen schwarzen Schirme, der mit einer engen Spalte versehen ist, und richte die letztere so, dass sie auf einer Stelle liegt, an der fluorescirendes Licht aufgetreten ist. Sieht man nun nach dem so vereinzelten schmalen fluorescirenden Lichtbündel durch ein Prisma hin, so ergibt sich, dass dieses fluorescirende Licht aus Strahlen bestehe, welche innerhalb sehr weiter Grenzen der Brechbarkeit liegen, dass sie aber nie die Brechbarkeit der Farben des gewöhnlichen Spectrums überschreiten. Daraus folgt: Das fluorescirende Licht ist zusammengesetzt (heterogen), und zwar je nach dem angewendeten Stoffe und je nach der Stelle im geänderten Spectrum aus anderen Farbengattungen. Vermöge des zusammengesetzten fluorescirenden Lichtes treten eben an den entsprechenden Stoffen im Tageslichte, im directen Sonnenschein und bei Beschickung mit einem Sonnenlichtkegel die uns bereits bekannten, so auffallenden Farbenerscheinungen ein (siehe Abtheilung *A* dieses Abschnittes).

46. Papierstreifen, welche man mit einer fluorescirenden Flüssigkeit auf irgend eine Weise (durch Bestreichen mit einem Pinsel, durch Einlegen in die entsprechende Flüssigkeit etc.) getränkt hat, zeigen in der Regel — selbst nachdem sie getrocknet sind — im Spectrum ähnliche Erscheinungen wie die Flüssigkeiten selbst, d. h. sie verlängern das prismatische Farbenbild beiläufig von *H* an gegen das violette Ende hin, ändern in dieser Gegend die Farbe des Spectrums ab, und sind da mit neuen dunkeln Linien versehen. Solche Papiere sind zwar leichter herbeizuschaffen und bequemer zu gebrauchen, als die obenerwähnten parallelopipedischen Glaswannen mit den zugehörigen Flüssigkeiten; sie lassen aber die neuen dunkeln Linien und ebenso das äusserste Ende des in der Färbung abgeänderten Theiles am Spectrum minder gut wahrnehmen. Am

empfindlichsten unter den uns bereits bekannten Stoffen sind die Flüssigkeiten des Aeskulins, des schwefelsauren Chinins, des Stechapfelsamens und der Curcuma, wenn sie zum Waschen der Papiere gebraucht werden. Um die Erscheinungen am Spectrum auf getränkten Papieren mit jenen auf dem gewöhnlichen Papierschirme gut vergleichen zu können, tränkt man nur einen Streifen des Papierschirmes mit der zu untersuchenden Flüssigkeit, und fängt nun mit diesem das Spectrum so auf, dass die Scheidelinie des bestrichenen und unbestrichenen Papieres das Spectrum der Länge nach durchschneidet, und zwar wegen der leichteren Beobachtung am besten in wagrechter Richtung. Man nimmt dann durch den Gegensatz (Fig. 8) die Verlängerung des Farbenbildes

Fig. 8.



und die neuen dunkeln Linien sehr auffallend wahr, während die Frauenhofer'schen Geraden das gemeinschaftliche Farbenbild unverschoben durchziehen.

Es ist von selbst klar, dass man in solcher Weise einen etwas grösseren Papierschirm an verschiedenen Stellen mit anderen Flüssigkeiten tränken kann, wenn man die Papiertafel in gleichlaufende Gürtel theilt, von welchen je einer den gewaschenen und ungewaschenen Theil aneinanderstossend enthält und der entsprechend bezeichnet wird. Durch passendes Verschieben des Schirmes wird man leicht die zu untersuchende Zone in das Spectrum bringen. Ebenso leuchtet ein, dass man unmittelbar sich begrenzende mit verschiedenen Flüssigkeiten getränkte Streifen eines zweiten Schirmes, und, wenn die Streifen schmal sind, auch mehrere derselben auf einmal zur Vergleichung in das Spectrum bringen kann. — Der Versuch lässt sich auf jenen in (31) zurückführen, wenn man die betreffenden Flüssigkeiten auf ein Stückchen Papier tropfen und trocknen lässt, und den getränkten und angrenzenden ungetränkten Theil sodann durch das Spectrum in ähnlicher Weise wie in (31) das Reagenz-Gläschen durch

das Spectrum führt. Im Blau werden dann die entsprechenden Farbenänderungen beginnen, und noch in dem sonst dunkeln Gebiete des Spectrums sich fortsetzen, wobei auch die neuen festen Linien auftreten.

47. Herschel hatte die gelbgrüne Verlängerung des Spectrums auf einem mit Curcuma gefärbten Papiere zuerst bemerkt[18]). Er hielt dafür, dass diese Farbe entweder aus einer Mischung der ultravioletten Strahlen mit dem Gelb des Papieres entspringe, oder es sei die wirkliche Farbe der ultravioletten Strahlen. Im letzteren Falle wären also die ultravioletten Strahlen sichtbar, und Herschel nennt sie „lavendelblau.“ Stokes nahm diese Studien Herschel's wieder auf, indem er vermuthete, dass auch hier die Fluorescenz Ursache der merkwürdigen Veränderungen des Spectrums auf Curcuma-Papier sei. Er ging bei dieser Untersuchung der Hauptsache nach auf die im Vorigen gelehrte Art zu Werke. Es ergibt sich bei dem Curcuma-Papier zwischen *F* und *G* eine röthliche Färbung, die sich mit dem hier befindlichen Grün und dem nicht verwandelten Blau des Spectrums mischt. Zwischen *G* und *H* ist die Farbe gelblich. Von *H* an, d. i. in dem zugewachsenen Theile des Farbenbildes, entsteht gelbgrün. Aehnliche Erscheinungen treten bei den mit anderen fluorescirenden Stoffen getränkten Papieren ein. Schon im gewöhnlichen Spectrum, ohne Frauenhofer'sche Linien, zeigen verschiedene weisse Papierstreifen, welche mit einer sauren Lösung des schwefelsauren Chinins, mit einer Aeskulin-Lösung, mit der Stechapfel-Tinctur und mit Naphta aus Krasne in Galizien (6) tüchtig getränkt worden sind, den verlängerten Theil des Spectrums wie phosphorescirend, fast von einerlei und zwar gelblichem Lichte, und in einer nahezu dreifachen Länge im Vergleiche mit dem gewöhnlich sichtbaren Farbenbilde. Noch ausgedehnter zeigt sich der verlängerte Theil beim Frauenhofer'schen Spectrum und zwar (wie bereits erwähnt) mit neuen dunkeln Linien. Ein mit Curcuma gewaschener Papierstreifen zeigt den zugewachsenen Theil viel kürzer.

Mit frischem Chlorophyll imprägnirte Papiere sind nicht empfindlich.

Wäscht man jedoch [nach Stokes[*])] schwarzen Thee mit heissem Wasser, und zieht den Blätterrückstand mit Alkohol aus, so zeigen die mit diesem Extracte getränkten weissen Papiere in dem hochbrechbaren Gebiete des Spectrums eine rothe Färbung.

48. Wir stellen ein Frauenhofer'sches Farbenbild auf einer mit einer fluorescirenden Flüssigkeit getränkten weissen Papiertafel in der durch Figur 8 wiedergegebenen Weise dar, und betrachten dasselbe mit einem zweiten Prisma von nicht grossem Brechungswinkel derart, dass das Spectrum unter einem rechten Winkel gegen die festen Linien gebrochen wird. Man sieht dann die letzteren bis *F* beide Farbenbilder ununterbrochen und unverrückt durchziehen; G aber so verschoben, dass sich daraus erkennen lässt, die auf dem fluorescirenden Papierstreifen liegende zu *G* gehörige Gegend des Spectrums sei weniger gebrochen, als die nämliche auf dem ungetränkten Papiergürtel. Der auf den letzteren fallende Theil des Spectrums erstreckt sich überdies noch auf das angrenzende getränkte Papierstück, so dass hier *G* nochmal unverrückt wahrzunehmen ist.

Daraus folgt: Das in dem Gebiete von *G* auf dem gewaschenen Papiergürtel auftretende Licht besteht grösserentheils aus dem an diesem Orte erzeugten fluorescirenden Lichte und kleinerentheils aus dem auf gewöhnliche Weise zerstreuten Dunkelblau.

Das Erstere ist zusammengesetztes (heterogenes) Licht, und besitzt eine mittlere, stets aber geringere Brechbarkeit, als das zu *G* gehörige einfache (homogene) Licht, aus dem es durch Fluorescenz entsprungen ist. Es muss daher bei der Spectral-Analyse durch das vor dem Auge gehaltene Prisma in seine weniger gebrochenen Bestandtheile zerlegt, mithin sammt *G* verschoben werden, während der zweite Theil des Lichtes als einfach (homogen) im Vergleich mit der zugehörigen ungetränkten Papier-Zone unverrückt bleibt.

Um dem Einwurfe zu begegnen, das verschobene *G* sei etwa eine andere Linie, oder um die Identität der verschobenen *G*-Linie auf schlagende Weise darzuthun, braucht man nur die betreffende Gegend des Spectrums in der Richtung der festen Linie durch das zweite Prisma zu brechen, und hierauf das letztere um die Augenachse langsam zu drehen. Es vollbringt sich dann die Trennung und Verrückung der *G*-Linie stufenweise, bis sie, wenn der brechende Winkel des Augen-Prismas 90° beschrieben hat, die oben angegebene Lage einnimmt. Dabei bleibt zugleich die zum einfachen Dunkelblau gehörige *G*-Linie relativ unverschoben, und durchschneidet beide aneinanderstossende Papierbänder in gleicher Weise. Vor der zweiten Brechung durch das Augenprisma erscheinen die breiten Streifen *H* auf dem getränkten Theile des Papierschirmes sehr geschwächt, auf dem zugehörigen, ungewaschenen weissen Papiergürtel aber ganz deutlich. Sobald man jedoch das Augenprisma, wie vorhin, anwendet, zeigen sie sich verwaschen und prismatisch gefärbt, und auf beiden Gürteln in fast gleicher Weise.

Daraus folgt: Auch das weisse Papier fluorescirt in dem zu *H* gehörigen Violett von äusserster Brechbarkeit, was wir später auf noch anderem Wege bestätigt finden werden.

49. Je nach Verschiedenheit des fluorescirenden Stoffes fängt die Fluorescenz an sehr verschiedenen Puncten des Spectrums an, und verläuft auch in sehr verschiedenen Farben- und Intensitäts-Stufen gegen das Ueberviolett hin. Auch als Absorptionsmittel gebraucht, nehmen einige nur die brechbarsten der unsichtbaren Strahlen fort, während andere bloss die weniger brechbaren, und noch andere alle hoch brechbaren Strahlen zurückbehalten. Hieraus folgt: Licht, welches durch eine hinreichend dicke Schichte eines fluorescirenden Stoffes (z. B. unserer Chinin-Lösung) gedrungen ist, wird zwar nicht mehr vermögen, in demselben Stoffe (z. B. in einer zweiten schwefelsauren Chinin-Lösung) Fluorescenz zu erzeugen, wohl aber in einer anderen fluoresci-

renden Materie (z. B. in einer Aeskulin-, Curcuma- und Chlorophyll-Lösung). Solche secundäre Fluorescenzen treten auch in der That ein [20]).

Giesst man die auf diese Eigenschaften zu untersuchenden Flüssigkeiten in ein Fläschchen aus Uranglas, so verschwindet bei den meisten derselben, wie ich gefunden, die Fluorescenz nahezu gänzlich im Tageslicht; im Sonnenlichtkegel aber tritt sie entschieden, wenn auch selbstverständlich viel schwächer auf, als wenn das gesammelte Licht unmittelbar in die zu prüfende Flüssigkeit geleitet würde.

Nun wird auch eine Erscheinung von selbst begreiflich, die sich Herschel nicht erklären konnte. Legte er nämlich seinen fluorescirenden Flussspath in eine sauerwässerige Lösung von schwefelsaurem Chinin, so verschwand sein Oberflächenblau, während es im Wasser sehr deutlich zum Vorschein kam.

50. Fassen wir zusammen:

a) Die fluorescirenden Stoffe erglänzen im zurückgeworfenen Lichte unter Aenderung ihrer natürlichen Farbe im ultravioletten, violetten und blauen, also in dem chemisch wirkenden Theile des Spectrums, und erscheinen nicht selten wie „selbstleuchtend," besonders in der dunklen Gegend des Spectrums.

b) Die fluorescirenden Stoffe (Flüssigkeiten in parallelopipedischen dünnwandigen Glaswannen oder getränkte Papiere) als Auffangschirme des Spectrums benützt, verlängern das Spectrum weit über das Violett hinaus. Viele Stoffe erscheinen in dem zugewachsenen Theile des Spectrums wie selbst leuchtend. Die Ursache hievon liegt darin, dass die ultravioletten Strahlen in Licht von tieferer Brechbarkeit, d. i. dass Strahlen von kleinerer Schwingungsdauer in Strahlen von grösserer Schwingungsdauer verwandelt werden, und zwar bei kräftig fluorescirenden Stoffen derart, dass die bestrahlten Stellen wie selbstleuchtend erscheinen.

c) Die fluorescirenden Stoffe halten die meisten der erregenden Strahlen zurück, weshalb fluorescirende Stoffe nicht zu Prismen, nicht zum Bedecken der lichteinlassenden Spalten etc. verwendet werden dürfen, wenn man auf anderen Stoffen mittelst des entsprechenden Spectrums Fluorescenz-Erscheinungen hervorrufen will.

d) Durch die Fluorescenz wird das Studium der ultravioletten Strahlen und ihrer Absorption von den verschiedenen Mitteln (vergl. *c*) sehr erleichtert.

e) Die durch Fluorescenz an den Körpern erzeugten Farben sind zusammengesetzt und wie das Licht selbstleuchtende Körper meistens unpolarisirt, selbst wenn die erregenden Strahlen polarisirt waren. Zerlegt man die Fluorescenz-Farben, so zerfallen sie immer in einfache Lichter von geringerer Brechbarkeit, als die erregenden Strahlen. Daraus folgt: die Brechbarkeit und Farbe der erregenden Strahlen ist stets höher, als die des erzeugten oder fluorescirenden Lichtes. Ferner: das einfache, wirksame Licht kann zusammengesetztes, fluorescirendes erzeugen.

Weil bei der Fluorescenz das einfache Licht stets bezüglich seiner Brechbarkeit erniedrigt wird, so möchte Stokes (in einem späteren Aufsatze nach einem Vorschlage seines Freundes Prof. Thomson) statt „Fluorescenz des Lichtes" — „Abstufung des Lichtes" *(degradation of light)* und für „fluorescirendes" Licht — „abgestuftes" *(degraded)* Licht sagen, wenn ihm nicht die letztere Bezeichnung wegen einer Verwechslung mit den Erscheinungen der Phosphorescenz (von dieser später) zu weit erschiene. Der Ausdruck „abhängige Aussendung" *(dependent emmission)* mit Anspielung auf das von den wirksamen Strahlen abhängige Selbstleuchten, gefällt ihm wohl dem Sinne nach, scheint ihm jedoch zu schwerfällig. Er bleibt demnach wieder bei dem Ausdruck „Fluorescenz" und zwar mit um so mehr Recht, als dieses Wort bereits zur Bezeichnung der in Rede stehenden Erscheinungen fast allgemein angenommen ist.

f) Eben vermöge dieses zusammengesetzten fluorescirenden Lichtes färben die fluorescirenden Stoffe den in dieselben eindringenden Sonnenlichtkegel anders, als man nach

ihrer gewöhnlichen, im durchgelassenen Lichte betrachteten Körperfarbe zu erwarten hat. Die nämliche Farbe, welche dieser Lichtkegel hat, zeigen auch (wenn auch minder lichtkräftig) die dem Sonnen- oder Tageslichte zugewendeten Oberflächen der fluorescirenden Stoffe — vorausgesetzt, dass die letzteren sehr empfindlich sind. Nur diese lassen sich sogleich im gewöhnlichen Tageslichte erkennen; die minder empfindlichen müssen eigens mittelst des Lichtkegels, des Sonnenspectrums und anderer später zur Sprache kommenden Methoden geprüft werden. Aber selbst die ersteren sind noch besonders dahin zu untersuchen, ob die sich verrathende Fluorescenz nicht eine falsche sei. Von dieser weiterhin ein Näheres.

g) Die Fluorescenz tritt nur an den vom Lichte unmittelbar getroffenen Körperatomen ein. Sie fängt mit der Beschickung durch die wirksamsten Strahlen augenblicklich an und hört mit derselben ebenso plötzlich auf[21].

h) Die wirksamsten Strahlen sind im Allgemeinen jene von höherer Brechbarkeit und zwar die blauen, violetten und ultravioletten Lichter des Spectrums (vergl. *a*). Je nach dem fluorescirenden Stoffe betheiligen sich jedoch auch tiefer tönende Farben, z. B. bei dem Chlorophyll alle Strahlen bis Roth, selbst diese nicht ausgenommen; bei der Lackmus-Lösung auch die gelben Strahlen u. s. w. (vergl. 38).

Denkt man sich z. B. für das schwefelsaure Chinin das Spectrum so abgetheilt, dass die fluorescirenden Körper zunächst von dem ersten Theil desselben, d. i. vom Roth bis einschliesslich Grün beschienen und hierauf nach Wegschaffung jener Bestrahlung vom Blau bis zum Ultraviolett (diess mit einbegriffen) beleuchtet werden; so bleibt der erste Theil ohne fluorescirende Wirkung, während sich der zweite Theil als sehr wirksam erweist und Strahlen von der niedern Brechbarkeit des ersten Theiles hervorruft. Diese Grenze

zwischen dem wirksamen und wirkungslosen Lichte hängt von dem fluorescirenden Stoffe ab und ist fast für jeden derselben eine andere (vergl. 27).

Stellt man sich nun das weisse Licht aus den zuletzt genannten zwei Haupttheilen, d. i. dem wirkungslosen und wirkungsfähigen Lichte, bestehend vor, so lässt sich nahezu sagen: Wenn das weisse Licht als Ganzes zum Fluoresciren gebracht wird, so gehört die Brechbarkeit (Farbe) des fluorescirenden Lichtes dem wirkungslosen Theile an, d. h. die Brechbarkeit des fluorescirenden Lichtes, obschon es von dem wirksamen Lichtantheile erzeugt wird, ist dennoch im Wesentlichen die der wirkungsunfähigen Bestandtheile des weissen Lichtes. Die niedrigste Brechbarkeit der wirksamen Strahlen ist fast gleich der höchsten Brechbarkeit jener Strahlen, welche im weissen Lichte als Ganzem das fluorescirende Lichtbündel bilden.

D. Grundversuche mit durchsichtigen farbigen Zwischenmitteln.

51. Wir haben in der vorigen Abtheilung entscheidende Versuche für die Aenderung der Brechbarkeit der einfachen Farben durch gewisse Stoffe beigebracht. Die ersten Beweise für eine derartige Brechbarkeits - Aenderung wurden jedoch von Stokes nicht mittelst des Sonnenlicht-Spectrums, sondern in anderer Weise aufgesucht. Sein Gedankengang dabei war etwa folgender: Bei der Fluorescenz sollen die einfachen Lichter von hoher Brechbarkeit in den entsprechenden Stoffen auf eine niedrigere Stufe der Brechbarkeit herabgestimmt werden. Wenn diess wahr ist, so müssten gefärbte durchsichtige Substanzen (etwa gewisse farbige Flüssigkeiten und farbige Gläser), welche für Strahlen von hoher Brechbarkeit undurchgänglich sind, die charakteristische Färbung des in die zu prüfenden Stoffe eingedrungenen Sonnenlichtkegels verhindern, wenn jene Stoffe als „Zwischenmittel," d. h. so verwendet werden, dass der Sonnenlichtkegel sie zuerst passiren muss, bevor er die zu untersuchenden Materien trifft. Wird dann das Zwischenmittel entfernt und vor das Auge gebracht, so sollte der in den Stoffen zum Vorschein gekommene Lichtkegel, wenn auch (wegen des farbigen Augenglases) in der Farbe etwas modificirt, wahrgenommen werden können. Da Stokes zu jener Zeit das verlängerte Spectrum noch nicht kannte, so hatte er kein leicht anwendbares directes Mittel [22]), die Undurchdringlichkeit der Stoffe für die überviolotten Strahlen zu prüfen (vergl. 43). Er suchte sich daher rothe, orangefarbige und überhaupt solche Glasplatten aus, welche die sichtbaren Strahlen von hoher Brechbarkeit nicht durchliessen, voraus-

setzend, dass diese auch die über das Violett hinausliegenden Strahlen zurückbehalten werden.

52. Stokes schritt hierauf zur Verwirklichung seines Gedanken-Experimentes. Durch die Brewster'shen Untersuchungen (15 und 23) war er in Kenntniss davon, dass den Erscheinungen mit dem gefärbten Lichtkegel und der Herschel'schen Oberflächenfarbe einerlei Ursache zu Grunde liegt. Er konnte daher auch zunächst an den Herschel'schen Erscheinungen seine Untersuchungen beginnen. Ein Reagenz-Gläschen, in welchem die uns bereits bekannte Chinin-Lösung gefüllt war, wurde mit schwarzem Papier umzogen, welches eine runde Oeffnung enthielt, das dem Lichte zugewendet wurde. Sah man von oben in die Flüssigkeit, so zeigte sich dicht hinter dem Lichtloche ein blauer Lichtbogen. Unter den ausgewählten, vorhin erwähnten farbigen Zwischengläsern fand sich nun ein blassrauchfarbiges Glas, welches, vor das Lichtloch gebracht, den blauen Lichtbogen nicht entstehen liess. Entfernte man hierauf dieses Glas und sah durch dasselbe wie vorhin von oben auf die Chinin-Lösung, so erblickte man den blauen Lichtbogen, wenn auch weisslicher als ohne dieses Augenglas. Die Stellung des rauchfarbigen Glases vor dem Loche mag in Zukunft die „erste," jene vor dem Auge die „zweite" Stellung heissen. Dasselbe soll auch für andere Gläser und beliebige Zwischenmittel beziehungsweise gelten.

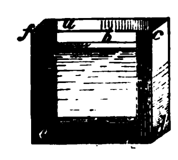
53. Da hier eine Erscheinung eintrat, wie sie unter Annahme einer Brechbarkeits-Aenderung der einfachen Farben vorausgesetzt wurde (51), so war jene Brechbarkeits-Aenderung (mit Rücksicht auf das Gesagte in 28) im Allgemeinen nachgewiesen. Diess wird durch folgende specielle Betrachtung noch einleuchtender: wenn das rauchfarbige Glas das Entstehen des blauen Lichtbogens in der Chinin-Lösung aufhebt, so erklären wir diess nach der gewöhnlichen physikalischen Farbenlehre dadurch, dass wir sagen, jenes Glas absorbire die blauen Lichtstrahlen, d. h. es lasse sie nicht durch

(halte sie zurück, vernichte, verschlucke dieselben) — dann müsste aber dasselbe auch stattfinden, wenn das nämliche Glas als Augenglas dient, was *nicht* der Fall ist. Wir können uns diesen Widerspruch nur erklären, wenn wir annehmen, das rauchfarbige Glas halte in der „ersten Stellung“ die überviolettten, d. i. die wirksamen Strahlen zurück — es kann daher kein blauer Lichtbogen zu Stande kommen. In der „zweiten Stellung“ des Glases können jedoch auch die ultravioletten Strahlen in die zu untersuchende Flüssigkeit dringen, wo sie in blaue Strahlen verwandelt werden, welche durch unser Augenglas gehen, das nur die überviolettten Strahlen nicht durchlässt.

54. Eine Glasscheibe von Flohfarbe hinderte in der ersten Stellung die Bildung des blauen Bogens nicht, wohl aber in der zweiten Lage. Daraus folgt, dass jenes flohfarbige Glas die überviolettten Strahlen durchlässt, jedoch nicht die blauen, in welche die überviolettten Strahlen verwandelt worden sind. Gelbe und gelblichgrüne Gläser liessen den Bogen in beiden Lagen zu Stande kommen; aber sowohl die Farbe als die Breite des blauen Bogens waren je nach den beiden Stellungen des Zwischenglases verschieden. Wenn nicht eine Aenderung in der Brechbarkeit erfolgt wäre, so müssten die Modificationen in dem blauen Bogen für *beide Stellungen der Zwischengläser die nämlichen sein.*

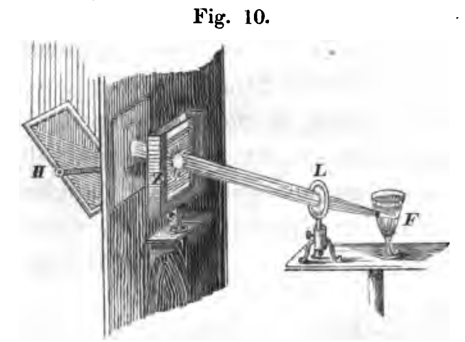
55. Ruft man einen blauen Kegel in der Chinin-Lösung mittelst eines Sammelglases hervor, so zeigt auch dieser je nach der ersten oder zweiten Stellung der Zwischengläser *verschiedene* Färbungen — was ebenfalls auf eine Aenderung in der Brechbarkeit der einfachen Farben hindeutet. Als Zwischenkörper kann man auch farbige Flüssigkeiten anwenden, die in kleine, flache, parallelopipedische Gefässe (Fig. 9) eingefüllt, und welche abwechselnd in die erste oder zweite Stellung gebracht werden. Es versteht sich von selbst, dass es bei der

Eig. 9.



ersten Stellung gleichgiltig ist, ob der Zwischenkörper vor oder hinter der Linse sich befindet, wenn er nur den Lichtkegel auffängt. Fig. 10 zeigt eine sehr bequeme Versuchsweise in einem dunkeln Zimmer für solche Zwischenkörper. Für die zweite Stellung entfernt man selbstverständlich das Zwischenmittel Z und nimmt es vor das Auge. Sind die Zwischenmittel flüssig, so ist kaum eine andere Methode möglich (vergleiche weiter unten 56). Es ist von selbst verständlich, dass auch alle in A entwickelten Grundversuche sich in solcher Weise anstellen lassen. Für eine grössere Zuhörerschaft wird sogar die letztere Methode vorzuziehen sein, weil die Lichtbündel sich leicht in die auf dem Vorlesetisch aufgestellten Stoffe bringen lassen. Die Zwischenmittel und die Linse werden dann in passender Weise auf dem Experimentirtisch vor den zu untersuchenden Stoffen mittelst kleiner Stative etc. aufgestellt.

Fig. 10.



56. Hingegen wird man bei Ermangelung eines finstern Saales die Versuche auch im Sonnenlichte mit farbigen Gläsern als Zwischenmittel ohne Schwierigkeit ins Werk setzen können. Für Flüssigkeiten müssten dann freilich allseitig geschlossene Flachgefässe zu Gebote stehen. In Ermangelung solcher wäre man gezwungen, am frühen Morgen oder gegen Abend zu arbeiten, weil dann die Flüssigkeitsgefässe nur wenig geneigt zu werden brauchen, um die Sonnenstrahlen durch die im Ganzen aufrecht gehaltenen flachen Seitenwände zu leiten.

57. In der nachfolgenden Tabelle sind einige Ergebnisse meiner Arbeiten nach der Methode mit den „einfachen Zwisckenmitteln“ übersichtlich zusammengestellt:

Name des Stoffes und seiner Farben ohne farbige Zwischenmittel.	Zwischenmittel.	Im finsteren Zimmer mit gesammeltem Sonnenlichte, d. i. mit einem Sonnenlichtkegel.	
		1. Stellung.	2. Stellung.
Die wässerige schwefelsaure Lösung des *schwefelsauren Chinins.*	I. Gefärbte Glasscheiben. a. Tiefrothes Glas.	Der blaue Lichtkegel *verschwunden.*	*Ebenfalls.*
	b. Dunkelgelbes Glas.	*Verschwunden.*	Der Lichtkegel bleibt, aber sehr geschwächt; *grün.*
	c. Hellgelbes Glas.	Bleibt *blau;* sehr geschwächt.	*Grünblau.*
Im durchgelassenen Sonnen- und Tageslicht *wasserklar;* in demselben, aber auffallendem Lichte *himmelblau.*	d. Grünes Glas.	Bleibt; sehr geschwächt; *grünblau.*	Bleibt, weniger geschwächt; *grün.*
	e. Tiefblaues Glas.	*Zartblau;* wie selbst leuchtend; herrlicher Anblick.	*Tiefblau;* fast wie das Glas *e.*
	f. Violettes Glas.	*Eigenthümlich blau,* noch schöner als bei *e.*	*Violett,* wie das Glas *f.*
Der eingelassene Lichtkegel *schön himmelblau* und mit dieser Farbe tief eindringend. Derselbe zeigt mit und ohne Zwischengläser keine Polarisation.	II. Farbige Flüssigkeitsscheiben. A. Doppelt chromsaures Kali (dunkelgelb).	Verschwindet; bleibt ein heller Strahl ohne Farbe.	Geschwächt; *grünlich.*
	B. Einfach chromsaures Kali (hellgelb).	*Verschwunden.*	*Grün.*
	C. Kupferchlorid (grün).	Bleibt, aber geschwächt; *blau.*	Bleibt; viel kräftiger als bei 1. St. *blau.*
	D. Schwefelsaures Kupferoxyd-Ammoniak (tief blau).	Etwas mehr *dunkelblau.*	Gesättigtes *Himmelblau.*
Wässerige Lösung des *Aeskulin.*	I. Gefärbte Glasscheiben. a. Tiefrothes Glas.	*Verschwunden.*	Verschwunden, bis auf eine Spur.
Im durchgelassenen Sonnen- und Tageslichte *wasserklar;* in demselben, aber auffallendem Lichte *himmelblau.*	b. Dunkelgelbes Glas.	*Verschwunden.*	Sehr geschwächt; *grüngelb.*
	c. Hellgelbes Glas.	Bleibt; sehr geschwächt; *blau.*	Schwach; *grünblau.*
	d. Grünes Glas.	Geschwächt; *blau.*	Heller als bei 1. St.; aber noch immer geschwächt; *blaugrün.*
Der eingelassene Lichtkegel *schön himmelblau* und mit dieser Farbe tief eindringend. — Theilweise polarisirt.	e. Tiefblaues Glas.	Prachtvoll *blau;* wie selbstleuchtend.	*Blau,* wie das Glas *e.*
	f. Violettes Glas.	Herrlich *blau;* viel stärker als ohne Glas und als bei *e.*	*Veilchenblau.*
	II. Farbige Flüssigkeitsscheiben. A. Doppelt chromsaures Kali (dunkelgelb).	*Verschwunden* bis auf einen farblos. Strahl.	*Bläulich grün.*
	B. Einfach chromsaures Kali (hellgelb).	*Verschwunden.*	*Grasgrün.*
	C. Kupferchlorid (grün).	Geschwächt; *blau.*	Etwas geschwächt; *blau.*
	D. Schwefelsaures Kupferoxyd-Ammoniak (tiefblau).	*Blau,* Stich ins Grüne.	Gesättigtes *Himmelblau.*

Name des Stoffes und seiner Farben ohne farbige Zwischenmittel.		Zwischenmittel.	Im finsteren Zimmer mit gesammeltem Sonnenlichte, d. i. mit einem Sonnenlichtkegel.	
			1. Stellung.	2. Stellung.
Chlorophyll (Blattgrün) alkoholisch gelöst. Frisch bereitet, im durchgelassenen und auffallenden Tageslichte *dunkelgrün*, was natürlich durch Verdünnung entsprechend aufgehellt werden kann. Aeltere Lösungen erscheinen im durchfallenden Lichte *rothbraun.* Im zurückgeworfenen kräftigen Sonnenlichte zeigen sich derartige Lösungen oberflächlich *rothbraun.* Der Lichtkegel dringt tief ein mit *blutrother* Färbung; unmerklich polarisirt.	I. Gefärbte Glasscheiben.	*a.* Tiefrothes Glas.	Etwas geschwächt; *blutroth.*	Stärker als bei 1. St. *blutroth.*
		b. Dunkelgelbes Glas.	Das *Roth dunkler.*	Heller *roth* als bei 1. St.
		c. Hellgelbes Glas.	Das *Roth dunkler.*	Etwas schwächer als ohne Glas.
		d. Grünes Glas.	*Rothbraun.*	*Lichtgrün.*
		e. Tiefblaues Glas.	*Kirschroth;* mehr oberflächlich.	*Roth;* Stich ins Violett.
		f. Violettes Glas.	*Kirschroth;* mehr oberflächlich.	*Roth;* Stich ins Violett.
	II. Farbige Flüssigkeitsscheiben.	*A.* Doppelt chromsaures Kali (dunkelgelb).	Feuriger und *tiefer roth.*	*Heller roth* als bei 1. Stellung.
		B. Einfach chromsaures Kali (hellgelb).	Etwas *dunkler roth.*	*Hellroth.*
		C. Kupferchlorid (grün).	Ziemlich geschwächt *roth.*	*Hellgrün.*
		D. Schwefelsaures Kupferoxyd - Ammoniak (tiefblau).	Bleibt *roth;* nur wenig geschwächt.	Fast ganz verschwunden bis auf einen grauen Fleck.
Alkoholische und angesäuerte *Lackmus-Lösung.* Im durchgehenden Tageslichte *dunkelroth,* im auffallenden Tageslichte *braun.*	I. Gefärbte Glasscheiben.	*a.* Tiefrothes Glas.	*Verschwunden.*	*Roth.*
		b. Dunkelgelbes Glas.	*Braun;* geschwächt.	*Hellbraun.*
		c. Hellgelbes Glas.	*Braun;* geschwächt.	*Heller* als bei 1. St.
		d. Grünes Glas.	Sehr geschwächt; *braun.*	Sehr geschwächt; *grün.*
		e. Tiefblaues Glas.	*Chamois* (bräunlichgelb); nahezu wie in *e* bei schwächer. Lichte Stich ins Grüne.	Verschwunden.
		f. Violettes Glas.		*Rothbraun.*
Der eindringende Lichtkegel ist *braun* und ohne Polarisation.	II. Farbige Flüssigkeitsscheiben.	*A.* Doppelt chromsaures Kali (dunkelgelb).	Bleibt; *braun.*	Heller *braun.*
		B. Einfach chromsaures Kali (hellgelb).	Etwas *dunkelbraun.*	Fast wie ohne Zwischenglas.
		C. Kupferchlorid (grün).	Etwas *dunkler.*	*Schmutzig gelb.*
		D. Schwefelsaures Kupferoxyd - Ammoniak (tiefblau).	Geschwächt; gemsenfarbig.	Sehr geschwächt; *blau.*

Name des Stoffes und seiner Farben ohne farbige Zwischenmittel.	Zwischenmittel.	Im finsteren Zimmer mit gesammeltem Sonnenlichte, d. i. mit einem Sonnenlichtkegel. 1. Stellung.	2. Stellung.
Alkoholische *Lackmus-Lösung*.	I. Gefärbte Glasscheiben. a. Tiefrothes Glas.	Geschwächt; *braun* vom Glase.	*Hellroth.*
Im durchgelassenen Tageslichte *violett*; im zurückgeworfenen Tageslichte *hellbraun* und *schlammig*.	b. Dunkelgelbes Glas.	*Rhumbraun.*	*Gelb;* heller als ohne Glas.
	c. Hellgelbes Glas.	Bleibt *gelb.*	Etwas heller *gelb.*
	d. Grünes Glas.	*Gelbgrün.*	*Grün.*
	e. Tiefblaues Glas.	*Bläulich*; Stich ins Grüne.	Stärker; *blau.*
	f. Violettes Glas.	Geschwächt; *violett.*	*Rothgelb.*
Der eindringende Lichtkegel *hellgelb* (strohgelb). Ohne Polarisation.	II. Farbige Flüssigkeitsscheiben. *A.* Doppelt chromsaures Kali (dunkelgelb).	*Orange* bis braun.	*Orange* bis braun; heller als in 1. Stellung.
	B. Einfach chromsaures Kali (hellgelb).	*Orange.*	*Lichtgelb.*
	C. Kupferchlorid (grün).	*Gelb.*	*Grün* bis *gelb.*
	D. Schwefelsaures Kupferoxyd-Ammoniak (tiefblau).	*Bläulich.*	Sehr geschwächt; *tiefblau.*
Curcuma-Tinctur.	I. Gefärbte Glasscheib. a. Tiefrothes Glas.	*Verschwunden.*	*Roth.*
Im durchgehenden Tageslichte *hellbraun*, im auffallenden *grün*.	b. Dunkelgelbes Glas.	*Braun.*	*Gelbgrün.*
	c. Hellgelbes Glas.	*Gelb.*	*Grüngelb.*
	d. Grünes Glas.	*Grün.*	*Grün*, stärker als bei 1. St.
	e. Tiefblaues Glas.	*Grün.*	*Blaugrün.*
	f. Violettes Glas.	*Grün.*	*Gelb.*
Der einfallende Lichtkegel *grün*, mit Stich ins Gelbe, mehr oberflächlich; ohne Polarisation.	II. Farbige Flüssigkeitsscheiben. *A.* Doppelt chromsaures Kali (dunkelgelb).	*Verschwunden.*	*Grüngelb.*
	B. Einfach chromsaures Kali (hellgelb).	Geschwächt; *gelb.*	Fast gar nicht geschwächt; *gelb.*
	C. Kupferchlorid (grün).	Fast ungeändert.	Mehr *grün.*
	D. Schwefelsaures Kupferoxyd-Ammoniak (tiefblau).	Fast ungeändert.	Nahezu verschwunden, bis auf einen graubläulichen Fleck.
Guajak-Tinctur.	I. Gefärbte Glasscheiben. a. Tiefrothes Glas.	*Verschwunden.* Die Flüssigkeit braun.	*Verschwunden.* Die Flüssigkeit sehr dunkel.
Im durchgelassenen und auffallenden Tageslichte *rhumbraun*; im zurückgeworfenen kräftig. Sonnenlichte *schwach violett.*	b. Dunkelgelbes Glas.	*Verschwunden.*	Sehr geschwächt; *violett.*
	c. Hellgelbes Glas.	Sehr schwach; *violett.*	*Bläulichgrün.*
	d. Grünes Glas.	*Graugrün.*	*Bläulichgrün.*
	e. Tiefblaues Glas.	*Weissblau.*	*Dunkelblau.*
	f. Violettes Glas.	*Kornblumenblau.*	*Indigoblau.*

Name des Stoffes und seiner Farben ohne farbige Zwischenmittel.		Zwischenmittel.	Im finsteren Zimmer mit gesammeltem Sonnenlichte, d. i. mit einem Sonnenlichtkegel. 1. Stellung.	2. Stellung.
Der auffallende Lichtkegel schön *violett* bis *veilchenblau* an der Oberfläche; die tieferen Theile gelb; die Fluorescenzfarbe ohne Polarisation.	II. Farbige Flüssigkeitsscheiben.	*A.* Doppelt chromsaures Kali (dunkelgelb).	*Verschwunden.*	*Gelblich.*
		B. Einfach chromsaures Kali (hellgelb).	Sehr schwach; *gelblich.*	Sehr schwach; *grüngelb.*
		C. Kupferchlorid (grün).	*Grüngelb.*	*Blau.*
		D. Schwefelsaures Kupferoxyd - Ammoniak (tief blau).	*Grün.*	*Blau.*
Naphta aus Krasne in Galizien. Dickflüssig; ist nur in sehr dünnen Schichten durchsichtig und zwar *syrupbraun.* Im auffallenden Lichte *schmutziggrün.*	I. Gefärbte Glasscheib.	*a.* Tiefrothes Glas.	*Roth.*	Heller *roth.*
		b. Dunkelgelbes Glas.	*Orange.*	Heller *orange.*
		c. Hellgelbes Glas.	*Gelb.*	Heller *gelb.*
		d. Grünes Glas.	Etwas *dunkler gelb.*	*Lichtgrün.*
		e. Tief blaues Glas.	*Bläulich grün.*	*Lichtblau.*
		f. Violettes Glas.	*Bläulich.*	*Pfirsichblüthenroth* bis *rosaviolett.*
Der eingesendete Kegel *grüngelb*; bei stärkerem Lichte *mehr gelb.* Die Tabelle bezieht sich auf den *mehr gelben* Kegel. Die Fluorescenzfarbe mehr oberflächlich. — Polarisation keine.	II. Farbige Flüssigkeitsscheiben.	*A.* Doppelt chromsaures Kali (dunkelgelb).	*Brauorange.*	Heller *orange.*
		B. Einfach chromsaures Kali (hellgelb).	*Orange.*	*Grüngelb.*
		C. Kupferchlorid (grün).	*Gelb.*	*Erbsengrün.*
		D. Schwefelsaures Kupferoxyd - Ammoniak (tief blau).	*Grüngelb.*	*Tief blau.*
Naphta aus Krasne in Galizien; *verdünnt* mit Terpentin. Im durchfallenden Lichte *rhumbraun*; im auffallenden Lichte *kaffeegrün,* mit Stich ins *Bläuliche.*	I. Gefärbte Glasscheiben.	*a.* Tiefrothes Glas.	Sehr geschwächt; *grüngelb.*	*Roth.*
		b. Dunkelgelbes Glas.	*Schmutzigorange.*	*Hellorange.*
		c. Hellgelbes Glas.	*Orange* bis *gelb.*	*Hellgelb.*
		d. Grünes Glas.	*Gelb.*	*Grüngelb.*
		e. Tief blaues Glas.	*Bläulich weiss,* wie selbstleuchtend.	*Himmelblau.*
		f. Violettes Glas.	*Blauweiss,* wie selbstleuchtend.	*Rosaviolett.*
Lichtkegel *grün*; mit stärkerem Licht *grüngelb*; mit noch kräftigerem Lichte *bläulich weiss* an der Oberfläche; tiefer *gelb.* — Polarisation unmerklich.	II. Farbige Flüssigkeitsscheiben.	*A.* Doppelt chromsaures Kali (dunkelgelb).	*Orange.*	*Gelb.*
		B. Einfach chromsaures Kali (hellgelb).	*Gelb.*	*Grüngelb.*
		C. Kupferchlorid (grün).	*Gelc.*	*Grüngelb.*
		D. Schwefelsaures Kupferoxyd - Ammoniak (tief blau).	*Bläulich.*	*Himmelblau.*

Name des Stoffes und seiner Farben ohne farbige Zwischenmittel.		Zwischenmittel.	Im finsteren Zimmer mit gesammeltem Sonnenlichte, d. i. mit einem Sonnenlichtkegel.	
			1. Stellung.	2. Stellung.
Uranglas.	I. Gefärbte Glasscheiben.	*a.* Tiefrothes Glas.	*Verschwindet* bis auf einen schwachen Schimmer.	*Graugrünlich,* Stich ins Violette.
		b. Dunkelgelbes Glas.	*Bläulichgrün.*	Sehr geschwächt; *gelb.*
Im durchfallenden Lichte *gelb*, im auffallenden *hellgrün.*		*c.* Hellgelbes Glas.	*Grün;* etwas heller als bei *b.*	Etwas *lichter grün.*
		d. Grünes Glas.	*Bläulichgrün.*	Mehr *blaugrün* als bei 1. Stellung.
Der Lichtkegel dringt sehr tief ein und ist mit scharfer Begrenzung durchweg *hellgrün;* etwas polarisirt.		*e.* Tiefblaues Glas.	Fast unverändert.	*Olivengrün.*
		f. Violettes Glas.	*Erbsengrün.*	*Rosaviolett.*
	II. Farbige Flüssigkeitsscheiben.	*A.* Doppelt chromsaures Kali (dunkelgelb).	*Verschwindet.*	*Gelbgrün.*
		B. Einfach chromsaures Kali (hellgelb).	Geschwächt; *dunkelgrün,* Stich ins Blaue.	*Grün;* Stich ins Gelbe.
		C. Kupferchlorid (grün).	*Dunkelgrün.*	*Erbsengrün.*
		D. Schwefelsaures Kupferoxyd - Ammoniak (tief blau).	Fast unverändert.	Sehr geschwächt; *blau.*

1. Meine Untersuchungen nach dieser Methode erstreckten sich auf eine grössere Anzahl von Stoffen. Leider verbieten mir der Zweck und der knapp bemessene Raum dieser Schrift die Ergebnisse an allen Stoffen hier speciell mitzutheilen. Ich muss mich begnügen, nur Einiges in tabellarischer Form zu besprechen. Allgemein gilt: Stets war bei den fluorescirenden Stoffen die Farbenwahrnehmung bei der zweiten Stellung des Zwischenmittels eine andere als bei der ersten. Zuweilen war freilich nur ein Nuance-Unterschied vorhanden; aber er war jedenfalls deutlich wahrnehmbar, wenn auch nicht immer gut mit Worten auszudrücken.

Die Versuche an den entsprechenden Stoffen wurden im Freien, dann im dunkeln Zimmer mittelst des einfach eingelassenen Strahles, ferner mit gesammeltem Lichte, d. i. mittelst einer convexen Linse und zu verschiedenen Tageszeiten angestellt. Auch mit den Concentrationsgraden der Flüssigkeiten wurde gewechselt und die Ergebnisse der Variationen in dem Arbeits-Protocolle zum Vergleiche neben einander gestellt. Zwischen den Wahrnehmungen an dem in die fluorescirenden Stoffe eingedrungenen Sonnenlichtkegel in der dunklen Stube und im Freien ergaben sich unter sonst gleichen Umständen meist nur geringe Unterschiede. Grössere Farbenverschiedenheiten theils bloss in der Nuance, theils sogar in der Farbe selbst, treten jedoch bei dem einfach eingelassenen und

den concentrirten Strahlen auf — oder allgemein, wenn die Lichtstärke des eingelassenen Strahles in irgend einer Weise abgeändert wurde.

Sehr verschieden waren ferner die Farbenstufen je nach den Concentrationsgraden der Flüssigkeiten. Alle zuletzt genannten Umstände zeigten sich besonders von Einfluss bei den Lackmus-, Curcuma-, Guajak-, und Orseille-Lösungen, bei der Naphta und bei der Stechapfel-Tinctur. Die ursprünglichen Farben-Nuancen hingen ferner bei einigen Flüssigkeiten, z. B. bei der Chlorophyll-, Aeskulin- und Stechapfelsamen-Lösung davon ab, ob sie eben erst bereitet oder schon älter waren. Die beiden letzteren verloren bald an fluorescirender Kraft, besonders das Kastanienwasser, selbst wenn reines Aeskulin verwendet wurde. Eine ätherische Aeskulin-Lösung erhielt sich jedoch bisher wochenlang selbst im Tageslichte ungeschwächt. Das Wesentlichste, nämlich dass die Lichtkegel in den fluorescirenden Stoffen bei der zweiten Stellung der Zwischenmittel betrachtet, anders aussehen, als bei der ersten Stellung, blieb nie aus.

Es versteht sich von selbst, dass die Fluorescenz-Farben im zurückgeworfenen Lichte beobachtet werden müssen. — Die Analyse bezüglich der Polarisation wurde mittelst eines Nikols vorgenommen, und zwar als die Lichtkegel im Freien eingelassen wurden. Im Dunkeln ist nach Brewster noch weniger Polarisation anzutreffen; daher mag es kommen, dass sich an seinem Uranglase gar keine Polarisation zeigte.

2. Die Eigenschaften der farbigen Zwischenmittel waren folgende:

I) Bezüglich der Glasplatten:

Das tiefrothe Glas *a* war mit Kupferoxydul gefärbt. Nach der in 44. Anm. angedeuteten Methode geprüft, liess es vom Sonnenspectrum durch: das Roth, etwas Orange, Grün, etwas Blau und das Violett.

Das dunkelgelbe Glas *b* war mit Antimonoxyd gefärbt. Es liess bis auf das Violett alle Farben, wenn auch etwas geschwächt, durch.

Das hellgelbe Glas *c* war mit Chlorsilber gefärbt. Es verhielt sich im Ganzen wie *b*; nur waren die durchgelassenen Farben minder geschwächt, besonders war das Blau heller und schärfer als bei *b*.

Das grüne Glas *d* war mit Kupferoxyd gefärbt. Es liess etwas Roth, das Grün, etwas Blau und wenig Violett durch.

Das blaue Glas *e* war mit Kobaltoxydul gefärbt. Es liess durch: etwas Dunkelroth, etwas Grün, das Blau und Violett fast gänzlich.

Das violette Glas *f* war mit Manganoxyd gefärbt. Es liess durch: das Roth, Grün und Violett. Auch mit den Farben-Nuancen der Gläser wurde sehr mannigfach gewechselt; ferner wurden mehrere gleichartige und ungleichartige combinirt. Wie vorauszusehen war, ergaben sich immer andere Farben-Erscheinungen. Das Grundgesetz bezüglich der ersten und

zweiten Stellung erhielt sich auch da. Für die Tabelle blieben selbstverständlich stets dieselben Gläser.

II) Die flüssigen Zwischenmittel waren gesättigte Lösungen. Die angewendete Schichte hatte eine Dicke von $3\frac{1}{2}'''$.

A liess Roth, Orange und etwas Grün durch.

B liess bis auf das Blau und Violett alle farbigen Strahlen durch.

C liess einen grossen Theil von Roth und einen Theil von Orange und Violett verschwinden.

D liess das Violett, einen Theil Blau und etwas Grün durch.

Auch mit der Dicke der Schichten, mit den Concentrationsgraden und Combinationen der Zwischenmittel *II* wurde mannigfach variirt, ohne dass das Grundgesetz hinsichtlich der 1. und 2. Stellung getrübt worden wäre. Es erhielt im Gegentheile seine volle Bestätigung.

Die wegen ihrer hohen Empfindlichkeit und Beständigkeit so höchst merkwürdige Naphta aus Krasne erhielt ich von meinem Collegen und Freunde Professor Kletzinski. Ich kann diese Naphta den Fachmännern nicht genug empfehlen. Zu beziehen wäre dieselbe direct aus Krasne, Post Neusandez in Galizien von dem Herrn Bergwerksbesitzer Ritter A. Zielinski oder etwa durch einen Materialisten.

58. Aus den in der Tabelle angeführten und überhaupt aus derartigen Erfahrungen folgt: die hier angewendeten blauen Zwischenmittel lassen die mannigfaltigsten fluorescirenden Strahlen hindurch; ihnen zunächst sodann die violett gefärbten Gläser. Zwischenstoffe, welche die weiter gegen Roth hinliegenden, wenn auch zusammengesetzten Farben zeigen, lassen vorzüglich jene fluorescirenden Strahlen durch, welche eine ähnliche Farbe erregen, so z. B. die grünen Mittel die grünerzeugenden dunkeln Strahlen. Am unwirksamsten ergeben sich die rothen Zwischenmittel; aber die rotherzeugenden fluorescirenden Strahlen lassen sie durch, wie beim Chlorophyll zu entnehmen ist [23]). Jedenfalls lässt sich aus dieser Zusammenstellung das Gesetz ableiten: die fluorescirenden Stoffe können die Farbe des einfallenden Lichtes ändern. Sie vermögen Farben zu zeigen, welche nicht nothwendigerweise in dem auffallenden Lichte enthalten sein müssen. In Ermangelung eines Spectrums genügen also derartige Versuche als vorläufiger Nachweis für die Brechbar-

keits-Aenderung. So leicht begreiflich und einfach wie die Grundversuche unter C, sind sie jedoch bezüglich dieser Beweisführung nicht, wesshalb auch die ersteren vorangestellt wurden.

59. Der Laden eines an der Sonnenseite gelegenen Fensters des finstern Zimmers werde mit einer grösseren Oeffnung versehen und diese mit einem durchsichtigen Mittel geschlossen, welches vorzugsweise die wirksamsten Strahlen durchlässt. Hierzu eignet sich am bequemsten eine dunkelblaue mit Kobaltoxydul gefärbte Glasplatte. Sie soll fürderhin kurzweg „Kobaltglas“ heissen. Leitet man jetzt durch die so bedeckte Oeffnung des Fensterladens ein starkes Bündel Sonnenlicht in wagrechter Richtung auf kräftig fluorescirende Stoffe (z. B. auf unsere Chinin- und Aeskulin-Lösung, auf einen Uranglaswürfel u. a. m.), welche im Zimmer in passender Weise (in Schulen auf dem Experimentirtisch) aufgestellt sind, so erscheinen die letzteren eigenthümlich lichtstrahlend, fast wie selbstleuchtend oder phosphorescirend. Sobald man jedoch die Bestrahlung einstellt, hört auch das eigenthümliche Leuchten auf, wodurch es sich wesentlich von der Phosphorescenz durch Bestrahlung unterscheidet. Wir kommen später hierauf nochmals zurück.

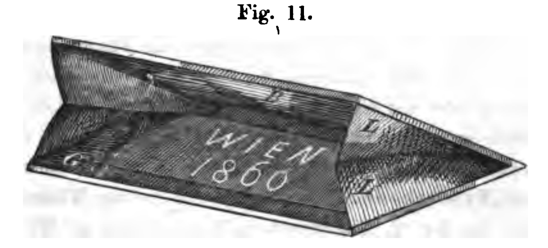
60. Aus den in dieser Abtheilung behandelten Grundversuchen ist zu ersehen, dass die fluorescirenden Stoffe sich sehr gut dazu eignen, den Gang der Lichtstrahlen bei einer Linse ersichtlich zu machen. Dies gilt ganz besonders, wenn ein blaues Glas in die erste Stellung gebracht und eine sehr verdünnte Chinin-Lösung angewendet wird. Das durch eine grössere Linse bewirkte Lichtbündel bietet dann mit seiner Brennfläche und seinem Brennpunkte wegen der Zartheit und Gleichartigkeit des Lichtes einen sehr niedlichen Anblick.

61. Selbst wenn man nur gewöhnliches Tageslicht bei klarem Wetter auf die sehr empfindlichen Stoffe in der angegebenen Weise fallen lässt, tritt das eigenthümliche Leuch-

ten der bestrahlten Stoffe deutlich, wenn auch schwächer als vorhin (59) ein. Durch das Ausschliessen der lichtkräftigsten Strahlen von der Beleuchtung kann nämlich die Wirkung der fluorescirenden Strahlen um so vernehmlicher hervortreten. Es wird sich weiterhin ergeben, dass sehr viele Uranverbindungen und der Uranit auffallend fluoresciren. In der eben angegebenen Beleuchtung fand Stokes einen Uranit kräftig leuchtend, während der Stein, indem er eingewachsen war, dunkel blieb. Und doch hatten im gewöhnlichen Tageslichte beide einerlei Farbe!

62. Hierauf beruhen die recht netten Erscheinungen in der (käuflichen) „Fluorescenz-Mappe" (Fig. 11). Sie

Fig. 11.



besteht aus einer blauen Kobaltglasplatte *B* und aus einer (mit Antimonoxyd oder Chlorsilber) gelb gefärbten Glasplatte *G*, welche durch einen zweckmässig gefalteten undurchsichtigen Stoff *L L* (Leder oder dgl.) in der aus der Zeichnung ersichtlichen Weise mit einander verbunden sind. Vorgreifend mag schon hier erwähnt sein, dass gewisse Platinverbindungen, als Kalium-Natrium-Bariumplatincyanür u. m. a. in fester Form sehr auffallend fluoresciren. Man schreibe nun mit einer dieser Platinverbindungen auf einem passend gefärbten, unmerklich oder gar nicht fluorescirenden Papier, etwa mit dem gelben Bariumplatincyanür auf gelbem Papier einige Worte (irgend einen Satz) mit dicken Buchstaben. Hierauf lege man das Papier mit der beschriebenen Seite gegen das Kobaltglas in das Fluorescenz-Täschchen und lasse helles Tageslicht auf das Kobaltglas fallen. Sieht man

dann an der offenen Seite der Mappe in dieselbe, während durch passendes Halten der Hände das Seitenlicht abgeschnitten wird, — so erblickt man die Bariumplatincyanür-Schrift (fast wie Phosphor-Schrift im Dunkeln) selbstleuchtend. Sobald man die blaue Glasplatte von aussen mit einem undurchsichtigen Schirm bedeckt, hört auch das Leuchten der Schrift augenblicklich auf. Das Leuchten tritt aber eben so plötzlich wieder hervor, sobald die undurchsichtige Bedeckung weicht.

Die Bariumplatincyanür-Schrift erscheint äusserst matt, wenn man den Gegenversuch in derselbcn Weise mit dem gelben Glase anstellt, wie vorhin mit der blauen Glasplatte.

1. Das Bariumplatincyanür wird im gepulverten Zustande in Wasser gelöst und dann mit dieser Lösung mittelst einer stumpfen Kielfeder auf das Papier geschrieben. Viel schöner erfolgen die Fluorescenz-Erscheinungen wenn man statt der Auflösung die fein gepulverte Materie mit einer Gummi-Lösung oder mit einer ätherischen Canadabalsam-Lösung fein verreibt und dann aufträgt. In ähnlicher Weise verhält es sich auch mit den anderen hieher gehörigen, d. h. kräftig fluorescirenden Platinverbindungen.

2. Die „Fluorescenz-Tasche" wurde meines Wissens zuerst von Nörrenbeg bei der 32. Naturforscher-Versammlung zu Wien 1856 vorgezeigt.

E. Grundversuche mit künstlichem Lichte.

63. Der Schauplatz für die folgenden Versuche ist stets ein finsteres Zimmer. Man werfe mittelst einer achromatischen convexen Linse das möglichst scharfe Bild einer Kerzenflamme in die uns bekannte saure Lösung des schwefelsauren Chinins, welche in passenden, dünnwandigen Glasgefässen enthalten ist — man wird dann nur eine schwach blaue, fast unmerkliche Färbung im auffallenden Lichte wahrnehmen, und zwar nur an der ersten dünnen Schichte. Wendet man farbige Zwischenmittel (vergl. *D*) an, so verhalten sich dieselben nahezu wie bei reinem Wasser, d. h. sie färben mit ihrem eigenen Lichte den durchgehenden Kegel. In ganz ähnlicher Weise treten die Erscheinungen an der wässerigen und ätherischen Aeskulin-Lösung ein, nur wird das gesammelte Kerzenlicht etwas stärker blau gefärbt; aber auch hier stets bloss an der Oberfläche.

64. Bei der vorigen Versuchsweise zeigen sich an den Chlorophyll-Lösungen die Lichtkegel roth.

Eine alkoholische, im durchgelassenen Lichte violette Lackmus-Lösung verräth schon im auffallenden Kerzenlichte durch ihre hellbraune Farbe die Fluorescenz. Die einfallenden Lichtkegel sind braungelb. Noch zeigen sich sowohl im zerstreuten, als gesammelten Kerzenlichte empfindlich: Unsere Naphta (auch die mit Terpentin verdünnte) und das Uranglas. Die Fluorescenz-Farben sind die nämlichen wie im Sonnenlichte, wenn auch schwächer. Eine alkoholische Curcuma-Lösung fluorescirt erst im Lichtkegel und zwar mit grünem Lichte. Die älteren Stechapfel-Tincturen fluoresciren nur schwachgrünlich; frische sehr concentrirte alkoholische Stechapfel-Tincturen jedoch kräftig kaffeegrün.

Das Gesagte gilt für die Flammen von Unschlitt-, Stearin- und Wachskerzen.

65. Die Flammen vom Leuchtgas erweisen sich noch viel wirksamer als jene von Kerzen. Um bequem zu experimentiren, lasse man die Flamme muldenförmig mit der convexen Seite nach unten brennen. Diess wird erreicht (nach einer hierorts bekannten Einrichtung vom Herrn Hauptmann Guggenberger), wenn man mittelst einer Knie-Vorrichtung das Ende des Brenners wagrecht legt.

Sehr bequem werden dann die Bilder der Flamme unter Anwendung eines Sammelglases in die zu untersuchenden Stoffe geleitet. Die Chinin- und Aeskulin-Lösungen lassen im gesammelten Leuchtgaslichte einen sehr deutlich blauen Fleck, aber nur oberflächlich auftreten. Ja selbst ohne Anwendung einer convexen Linse, d. h. im zerstreuten Gaslichte, wird das Fluorescenz-Blau sehr leicht wahrgenommen, wenn man die Oberfläche der Flüssigkeit dem Lichte sehr nahe bringt und das Auge etwas unter dem Flüssigkeits-Spiegel hält und nach dem letzteren hinaufblickt. Auch bei gesammeltem Lichte wird in solcher Weise die Erscheinung deutlicher wahrgenommen. Hingegen zeigen alle übrigen der vorhin genannten Stoffe (die älteren und minder concentrirten Stechapfel-Tincturen ausgenommen), wenn sie der Flamme nahe gehalten wurden, schon im zerstreuten Gaslichte die nämliche Fluorescenz-Farbe wie im Sonnenlichte und eben so bei gesammelten Strahlen. Die Fluorescenz der gelben Bariumplatincyanür-Schrift wird erst nach Einschaltung eines Kobaltglases wahrgenommen.

Die Wirkungen einer Ditmar'schen Moderateur-Lampe mit Oelflamme stehen zwischen jenen einer Kerzenflamme und der Gasflamme. Die getränkten Papiere bleiben bei jeder Art der genannten Flammen, wie auch im Sonnenlichtkegel, ohne jede Wirkung.

66. Wenn die Gaslampe mit einem Bunsen'schen Brenner versehen wird, so erhält man bekanntlich nahezu eine Kohlenoxydflamme. In dem blauen Lichte derselben, ohne Anwendung eines Sammelglases, zeigen sich fluoresci-

rend: die Chinin- und Aeskulin-Lösung mit schön blauem Lichte, unsere Naphta und das Uranglas mit ihrem bekannten Grün, und die alkoholisch violette Lackmus-Lösung schwasch braun. Die Chlorophyll-Lösung bleibt hier unempfindlich.

67. Man giesse in ein flaches Porzellangefäss (in eine Tuschschale od. dgl.) etwas Alkohol und zünde ihn an. In der so schwach leuchtenden Weingeistflamme treten die nämlichen Erscheinungen wie im vorigen, aber etwas stärker hervor Hier wie bei der Kohlenoxydgasflamme wird die gelbe Bariumplatincyanür-Schrift erst bei blauen Zwischengläsern als fluorescirend erkannt.

68. Kalium in Weingeist geworfen, entzündet sich bekanntlich von selbst und verbrennt mit violetter Flamme. Dieselbe zeigt nahezu dieselben Wirkungen wie die Flamme des reinen Weingeistes.

69. Wirft man in den brennenden Weingeist etwas Kochsalz (Chlornatrium) und rührt mit einem Glasstabe um, so färbt sich die Flamme einfach (homogen) brandgelb. Die brandgelbe Flamme ist für jeden der hier genannten Stoffe bezüglich der Fluorescenz völlig unwirksam.

70. Lässt man Weingeist aus einem Dochte brennen, der mit einem Pulver aus salpetersaurem Kupferoxydammon eingerieben wurde, so erhält man eine blaue Flamme. Diese erweist sich nur bei unserer Naphta und beim Uranglas; bei der Bariumplatincyanür-Schrift aber erst mit blauem Zwischenglase etwas wirksam. Eine rothe Weingeistflamme, welche in ähnlicher Weise wie vorhin mittelst salpetersauern Strontians erzeugt wurde, blieb ganz ohne Wirkung.

71. In der bekanntlich so schwach erhellenden Wasserstoffgasflamme zeigen sich die Chinin- und Aeskulin-Lösungen durch und durch schmutzigblau bis graublau gefärbt, das Uranglas nur an der Oberfläche grün, unsere Naphta oberflächlich olivengrün. Die Chlorophyll-

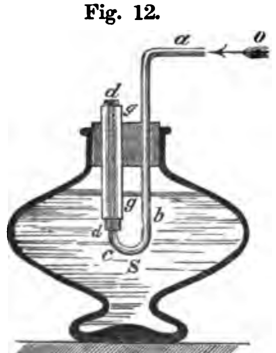
Lösungen bleiben auch hier völlig unempfindlich. Die alkoholische violette Lackmus-Tinctur verräth nur Spuren von Fluorescenz.

Da die Wasserstoffflamme durch das Natron, welches aus der Spitze des gläsernen Brenners ausscheidet, brandgelb gefärbt wird und dadurch die Wirkung vernichtet (§. 69), so muss man sich eines metallenen (messingenen) Brennröhrchens bedienen.

72. Schwefelkohlenstoff, der aus einer flachen Porzellanschale mit der bekannten blauen Flamme herausbrennt, lässt die Fluorescenz-Erscheinungen an der Chinin-, Aeskulin- und Lackmus-Lösung, an unserer Naphta, an dem Uranglas und an der Bariumplatincyanür-Schrift mit und ohne blauem Zwischenglase in ausgezeichnetem Grade, an den Chlorophyll-Lösungen aber nur schwach zu Stande kommen. Ebenso verhält sich die blaue Schwefelflamme, die man am leichtesten durch Anzünden von Schwefelfäden erhält. Es ist jedoch anzumerken, dass die Farbe an der Chinin- und Aeskulin-Lösung grünblau, und zwar bei der letzteren getrübt wahrzunehmen ist.

Durch die so hervorstechenden Fluorescenz-Wirkungen der Strahlen der Schwefelkohlenstoff-Flamme wurde Babo veranlasst, eine kleine Lampe (Fig. 12) für die Fluorescenz-Versuche zu construiren. Sie besteht im Wesentlichen darin, dass in den Schwefelkohlenstoff S ein Holzdocht dd taucht, durch welchen, wenn er angezündet ist, mittelst der Röhre abc Sauerstoff getrieben wird. Der Docht wird von einer zweiten kürzeren Röhre gg gehalten.

Fig. 12.



73. Das Licht des in atmosphärischer Luft verbrennenden Phosphors zeigt sich an der alkoholischen violetten Lackmus-Lösung sehr wirksam; wenig am Uranglas; an unserer Naphta fast unmerklich. Die übrigen der bisher in den letzten Nummern genannten Stoffe sind für den in atmosphärischer Luft verbrennenden Phosphor unempfindlich.

74. Die Flamme des farblosen Steinöls ruft an den Chlorophyll-Lösungen, an unserer Naphta und an der alkoholischen violetten Lackmus-Tinctur die nämlichen Fluorescenz-Farben wie das Sonnenlicht hervor. Am Uranglas verrathen sich für diese Steinölflamme nur Spuren von Fluorescenz; die Chinin- und Aeskulin-Lösung bleiben ohne Fluorescenz.

75. Streut man Salpeter oder Schiesspulver auf ein Kohlenfeuer, so blitzt bekanntlich eine blaue Flamme auf. Dieselbe ist sehr wirksam für die Chinin- und Aeskulin-Lösung und für das Uranglas. Unsere Naphta zeigt in diesem Lichte nur Spuren der Fluorescenz. Die Chlorophyll-Lösungen, ferner die Bariumplatincyanür-Schrift bleiben unempfindlich, und zwar letztere mit und ohne blauem Zwischenglas.

Die mit brandgelber Flamme verpuffende Schiessbaumwolle bleibt bei all den zuletzt genannten Stoffen unwirksam. Die brandgelbe Flamme ist die einzige, in welcher das so empfindliche Uranglas ohne ihr Fluorescenz-Grün erscheint.

76. Aus diesen und anderen Versuchen ergibt sich [24]), dass auch die künstlichen Lichter fluorescenz-erregende Strahlen enthalten, die keineswegs von ihrer Leuchtkraft abhängen, wohl aber muss ihrer Wirksamkeit der zu untersuchende Stoff entsprechen. Die künstlichen Lichter besitzen also nicht wie das Sonnenlicht alle Arten der für die Fluorescenz tauglichen Strahlen; hingegen können sie in speciellen Fällen sogar noch kräftigere Thätigkeit entwickeln. Hieher gehört nach Faraday [25]) die Flamme des Schwefels, welcher in Sauerstoff verbrennt. Die Chinin- und Aeskulin-Lösung, ferner die Stechapfel-Tinctur zu Schriften und Malereien auf weissem Papiere verwendet, machen die so getränkten Stellen in jenem Lichte sichtbar, besonders unter Anwendung eines blauen Zwischenglases. Bei gewöhnlichen Leuchtgasflammen tritt aber dergleichen nicht ein. Eine sehr

schwache Lösung von chromsaurem Kali als Schaltmittel in erster Stellung vernichtet die Wirkung jener Schwefelflamme, während die getränkten Stellen sichtbar bleiben, wenn das zuletzt genannte Zwischenmittel vor das Auge gebracht wird. Aehnliche Wirkungen des Schwefels oder des Phosphors, wenn sie im Sauerstoffe brennen, hat Böttger [26]) an der gelben auf Papier aufgetragenen Schrift des Kaliumplatincyanürs (einer dem Bariumplatincyanür analogen Verbindung) gefunden. Die Schrift erglänzt wie das Bariumplatincyanür, aber erst dann, wenn der Stoff auf dem Papiere schon im gewöhnlichen Tageslichte in fester Form sichtbar ist. Die Lösung des Kaliumplatincyanürs ist nämlich unempfindlich [27]). Bei allen Stoffen, die nur in fester Form fluoresciren, ist als Regel festzuhalten, dass die damit getränkten Papiere erst dann leuchtend werden, wenn die entsprechenden Stellen so stark bestrichen sind, dass sie hier den imprägnirten Stoff in fester Form sehen lassen.

77. Böttger hat in der zuletzt genannten Beleuchtung Photographien erzeugt. Also auch da erweisen sich die fluorescirenden Strahlen als kräftig chemisch wirkend. Eben diese Einerleiheit der Wirkung der genannten Strahlen veranlassten v. Babo und J. Müller, die Flamme des mit Stickstoff-Oxydgas verbrennenden Schwefelkohlenstoff-Dampfes auf ihre Fluorescenz-Wirkung zu prüfen [28]), nachdem nämlich v. Babo die kräftige photographische Wirkung dieser Flamme entdeckt hatte [29]). Die Fluorescenz-Erscheinungen waren bei der Chinin- und Chlorophyll-Lösung, beim Uranglas und bei verschiedenen Arten von Flussspath ausserordentlich. Die concentrirten Strahlen geben die farbigen Lichtkegel und eine Analyse des Lichtes lieferte ein vollkommenes Spectrum mit besonders mächtigem, violettem Ende.

78. Die kräftige photographische Wirkung des elektrischen Lichtes ist schon längere Zeit bekannt — geht auch hier die fluorescirende Thätigkeit mit jener Hand in Hand?

Durch einen grösseren Abstand des Funkenziehers von dem Conductor erzeugt man leicht lange, schwach leuchtende, vielästige Funken. Unter denselben bringen wir auf ein kleineres Stativ die zu untersuchenden Stoffe so, dass sie von dem auftretenden elektrischen Lichte bestrahlt werden. Die Chinin- und Aeskulin-Lösung füllt sich recht tief mit weisslich blauem, etwas in's Grüne spielendem Lichte, das mit jenem in der Beleuchtung der Schwefelflamme viel Aehnlichkeit hat. Die Flüssigkeit bleibt aber viel durchsichtiger und klarer, als bei der Erhellung durch die blaue Schwefelflamme. Die Stechapfel-Tinctur (ganz besonders ein frisch bereiteter concentrirt alkoholischer Stechapfel-Samenauszug), unsere Naptha (auch die verdünnte) und der Würfel aus Uranglas erhellen sich mit ihrem uns schon bekannten grünen Lichte. Die concentrirte Chlorophyll-Lösung ist zu dunkel, um das Roth erkennen zu lassen [30]), aber mit Weingeist oder Aether sehr verdünnt, tritt ein rosenrother Schimmer auf. Die Bariumplatincyanür-Schrift fluorescirt bei dieser Beleuchtung mit blauem Schaltglase und ohne dasselbe nur unmerklich. Erzeugt man die elektrischen Büschel, so treten die vorigen Erscheinungen noch kräftiger auf.

Das hier wirksame elektrische Büschel wird am besten erzeugt, wenn man den Funkenzieher dem Leiter nahe stellt und das eine Ende desselben, welches gewöhnlich mit dem Reibzeuge gut leitend verbunden wird — frei lässt. Aus diesem Ende strömt dann, wenn die Maschine in Thätigkeit gesetzt wird, ein Büschel elektrischen Lichtes. Dasselbe ist selbstverständlich auch für die übrigen der genannten Stoffe bezüglich der Fluorescenz-Erregung sehr tauglich.

79. Ein Quarzkrystall von mehr als 2″ Dicke als Zwischenmittel bei den vorigen Versuchen eingeschoben, bringt keine merkliche Schwächung am Fluorescenz-Lichte der genannten Stoffe hervor, wohl aber ein Glasstück von etwa 3‴ Dicke. Das Glasstück war der Abfall einer Scheibe jener Spiegelgläser, wie sie zu den Scheiben grösserer Elektrisir-Maschinen verwendet werden. Ein blaues Zwischenglas lässt

die Erscheinungen noch schöner hervortreten, während anders gefärbte Zwischenmittel sie herabstimmen.

80. Rücken wir den Funkenzieher näher an den Leiter der Elektrisir-Maschine, so blitzt ein kräftig leuchtender Funke hervor. Auch dieser erregt in den vorhin genannten Stoffen Fluorescenz; aber die Erscheinung ist mehr auf die Oberfläche der untersuchten Körper beschränkt und um vieles schwächer als bei einem minder hellen, verzweigten Funken [81]). Die Bariumplatincyanür-Schrift bleibt hier ohne Wirkung, selbst mit blauem Schaltglase.

81. Kräftige elektrische Funken, durch die Chinin- und Aeskulin-Lösung geleitet, erzeugen an der Oberfläche, nur an der Uebergangsstelle, ein oberflächliches Weissblau. Minder kräftige Funken erregen auf weiterem Kreise und zu grösserer Tiefe ein Blau, das sich mehr jenem im Sonnenlichte nähert.

Die Fluorescenz-Versuche mit dem elektrischen Lichte habe ich im Vereine mit dem hiesigen rühmlichst bekannten Elektriker Herrn Winter wiederholt und mit Variationen angestellt. Stets gab das elektrische Licht im luftleeren Raume und ihm zunächst das elektrische Büchel, dann unmittelbar der schwache Funke die hervorstechendsten Fluorescenz-Erscheinungen.

Wem kein elektrischer Apparat zu Gebote steht, der kann gelegentlich bei einem Gewitter das elektrische Licht des Blitzes zu Beobachtungen an fluorescirenden Materien benützen.

82. Die vorhin genannten Stoffe werden in die kleinen parallelopipedischen Gefässe (Fig. 9) gefüllt und dem elektrischen Ei sehr nahe gestellt. Bei Durchsendung des elektrischen Lichtes durch den luftverdünnten Raum fluoresciren die bezeichneten Stoffe mit den bereits erwähnten Farben. Das in's Grünliche gehende Weissblau der Chinin und Aeskulin-Lösung dringt jetzt viel tiefer in die Flüssigkeit und das Roth der verdünnten Chlorophyll-Lösung tritt sehr deutlich auf. Auch das Blutroth der concentrirten Blattgrün-Lösung lässt sich nun zweifellos erkennen. Die Bariumplatincyanür-Schrift erglänzt auf's herrlichste in dieser Beleuch-

tung. Ein blaues Schaltglas verstärkt, wenn es überhaupt noch möglich, die Erscheinung. Selbst anders gefärbte Schaltgläser (rothe, hellgelbe, grüne) sind nicht im Stande, hier die Fluorescenz gänzlich zu vernichten. Nur ein dunkelgelbes Glas vermochte es. Wird das elekrische Licht mittelst einer eingeschalteten Leydner Flasche, d. h. wird ein verstärkter Funke durch den nahezu luftleeren Glasballon gesendet, so treten die Fluorescenz-Erscheinungen an den benachbarten, zur Untersuchung aufgestellten Stoffen um so schöner hervor.

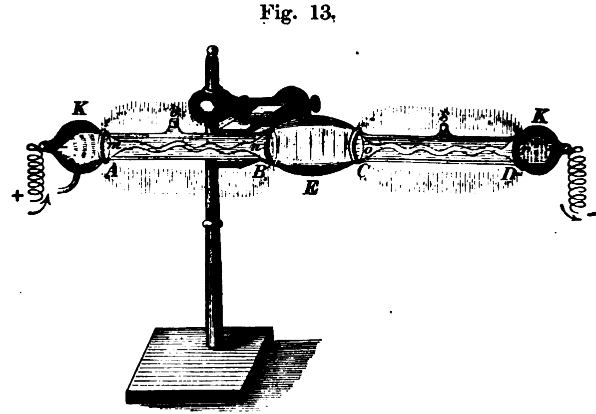
Der von uns angewendete luftleere Glasballon war birnförmig und mit dem engen Halse in eine Messingfassung eingekittet. So oft nun der Ballon mit einem elektrischen Funken beschickt wurde, fluorescirte der Glashals sehr deutlich grün. Wir versuchten mehrere derartige Glasgefässe und fanden stets die kräftig grüne Fluorescenz, wenn auch nach der Dicke und Art des Glases verschieden. Das gewöhnliche weisse Flaschenglas besitzt demnach die Fähigkeit zu fluoresciren, was Stokes schon auf anderem Wege gefunden hatte.

83. Aehnliche Erscheinungen wie das elektrische Ei zeigen bekanntlich auch die Geissler'schen Röhren, das sind gerade, dünngeblasene farblose Glasröhren oder auch solche mit kugel- und birnförmigen Ausbauchungen, in welchen die Luft, ein Gas oder Dampf (vom Wasser, Weingeist, Aether, Schwefelkohlenstoff, Terpentingeist etc.) in äusserst verdünntem Zustande enthalten ist, und durch welche mittelst eingeschmolzener dünner Metall- (Platin-) Drähten (als Elektroden) ein kräftiger elektrischer Funke gesendet werden kann. Wir tauchen eine solche Geissler'sche Röhre in ein gewöhnliches Trinkglas, welches unsere Chinin- oder Aeskulin-Lösung enthält, und verbinden den einen Drahtpol der Röhre mit dem von dem positiven Conductor abstehenden Funkenzieher gut leitend, während die metallene Schnur vom negativen Conductor (vom Reibzeug) an das andere Drahtende der Röhre gelegt wird, und zwar am einfachsten mittelbar, d. h. man senkt die metallene Schnur ganz einfach in die Lösungen, in welche eben dieser zweite Pol auch taucht.

Sobald nun der elektrische Funke durch die Geissler'sche Röhre zieht, erhellt sich die sie umgebende fluorescirende Flüssigkeit mit ihrem blauen Lichte und bietet einen herrlichen Anblick.

84. Hierauf beruht ein ganz netter Schulversuch (Fig. 13). Es sind nämlich um eine Geissler'sche Röhre *KmnorK*

Fig. 13.



zwei andere Röhrenstücke aus dünnem farblosen Glase *AB* und *CD* gelegt und mit ihren Enden an die Hauptröhre *KK* geschmolzen. In diese gläsernen Hüllen *AB* und *CD* werden bei *v* und *s* verschiedene fluorescirende Flüssigkeiten (etwa eine Chinin- und eine verdünnte ätherische Chlorophyll-Lösung) gegossen und sodann die Füllöffnungen (etwa mit Korkstöpseln) gesperrt. Wenn man nun einen kräftigen elektrischen Funken durch die Röhre *KK* treibt, so gesellt sich zu der prächtigen Lichterscheinung in der Röhre bei *K*, *E*, *K* noch jene der Fluorescenz in den umgebenden Flüssigkeiten, wodurch eine dem Uneingeweihten räthselhafte und das Auge ergetzende Farbenmannigfaltigkeit hervorgerufen wird.

Die Geissler'schen Röhren wurden ursprünglich in der Weise verfertigt, dass man sie an das obere Ende eines Barometerrohrs communicirend anschloss. Behandelte man sodann das Ganze wie ein Barometer, das mit Quecksilber gefüllt wird, so bildeten die Röhren einen Theil des Va-

cuums. Um diesen nahezu leeren Raum mit verdünnten Gasen oder Dünsten zu füllen, liess man die letzteren in die Röhren in geringem Masse aufsteigen und verdünnte überdiess durch Erwärmung. Hierauf wurden die Röhren zugeschmolzen und so verschlossen von dem Barometerrohr getrennt. Dass derartige Röhren von Quecksilberdünsten nicht frei blieben, ist von selbst klar. — In neuester Zeit nimmt man die Luftpumpe zur Hilfe. Man kittet die Röhren luftdicht in eine Schraube, welche den Kanal der Luftpumpe schliesst und leitet den möglich höchsten Grad der Verdünnung in bekannter Weise ein. Hierauf wird mit einem Löthrohr das sehr enge Zuleitröhrchen (es ist in Fig. 13 sichtbar) zugeschmolzen (gewissermassen unterbunden) und das Ganze von dem Verdünnungs-Apparat entfernt. Sollen Gase oder Dünste verdünnt werden, so verfährt man mit den Röhren, in welche sie zuvor gefüllt worden, wie vorhin. Die Platindrähte müssen natürlich zuvor luftdicht und zu diesem Behufe sehr heiss eingeschmolzen werden. Einige Tage nach dem Verdünnungs-Processe werden die Röhren wieder mittelst eines elektrischen Apparates geprüft, ob sie noch das schöne Licht geben. Ist diess nicht der Fall, so ist entweder schlecht zugeschmolzen oder die Drähte sitzen nicht fest. Die Operationen und Prüfungen müssen so lange fortgesetzt werden, bis endlich die Röhren sich als allseitig luftdicht geschlossen bekunden.

85. Ich setze voraus, der Leser kenne den vielberufenen Ruhmkorff'schen Inductions-Apparat. Die vorigen Versuche an dem elektrischen Ei, den Geissler'schen Röhren mittelst des Ruhmkorff'schen Funken-Inductors wiederholt, geben noch hervorstechendere Fluorescenz-Erscheinungen. Eine Zeichnung mit schwefelsaurem Chinin auf weissem Papier ausgeführt, zeigt sich im finstern Zimmer bei weiterem Abstande (10 — 12 Fuss) von dem elektrischen Ei des Ruhmkorff'schen Inductors sammt allen Einzelheiten mit fast weissem Lichte wie selbstleuchtend, auf tief violettem Grunde [32]).

In ähnlicher Weise verhält es sich mit der gelben Schrift des Bariumplatincyanürs. Sie erglänzt fast wie Phosphor im Dunkeln. Noch viele andere Stoffe lassen analoge Erscheinungen zu Tage kommen.

Ein Neef'scher Hammer, verbunden mit einer Inductionsrolle, wie ein Ruhmkorff'scher Apparat gebraucht, liefert nach Osann [33]) ebenfalls an empfindlichen Stoffen Fluorescenz-Erscheinungen, wenn auch min-

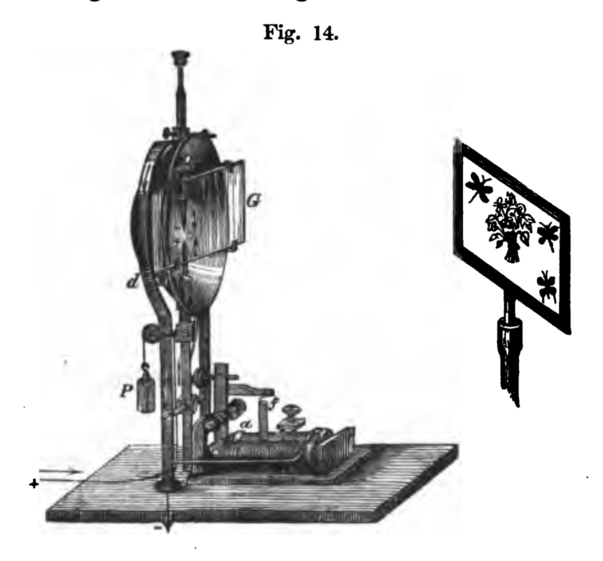
der auffallende — diess war zu erwarten. Ist doch der Ruhmkorff'sche Apparat nichts anderes, als ein Neef'scher Inductions-Apparat in grossem Massstabe mit sehr vielen von einander sehr gut isolirten Windungen und mit einem in den Hauptdraht eingeschalteten Condensator. Zuweilen wird auch an den Inductions-Draht ein kleiner Condensator angebracht. Eine Hauptsache bleibt immer die gute Isolation. Je trefflicher diese, desto vorzüglicher der Apparat!

Der Liebhaber der Physik findet über den Ruhmkorff'schen Apparat Belehrung: in den neueren grösseren Lehrbüchern der Physik, ferner: Petřina in den Mittheilungen aus dem Gebiete der Physik, Prag 1855, und in: Ruhmkorff's Inductions-Apparat, von du Moncel, bearbeitet von Bromeis. Frankfurt a. M. 1857. Das letztere Werkchen ist theoretisch unklar, empfiehlt sich aber in praktischer Beziehung.

86. Auch das elekrische Solarlicht, wie es an den Kohlenspitzen einer aus grossen und zahlreichen Elementen bestehenden Batterie auftritt, besitzt sehr viel fluorescenz-erregende Strahlen. Man überzeugt sich hievon, wenn die zu untersuchenden Stoffe bei dieser elektrischen Beleuchtung betrachtet werden.

Die Erscheinungen gestalten sich besonders lebhaft bei einem blauen Zwischenglas. Diess gibt zu einem interessanten Vorlesungs-Versuche Gelegenheit. Man zeichnet mit der

Fig. 14.



saueren Lösung des schwefelsaueren Chinins oder mit der wasserklaren Aeskulin-Lösung irgend einen Gegenstand (etwa einen Blumenstrauss o. dgl.) auf einem weissen Papierschirm. Im hellen Tageslichte ist die so gemalte Figur nicht sichtbar, was aufgezeigt wird. Schliesst man hierauf die Fensterläden, lässt (Fig. 14) das Kohlenlicht erleuchten und stellt nun den bemalten Schirm in grösserem Abstande von der elektrischen Lampe (vom elektrischen Lichtregulator) auf, so gewahrt man die Zeichnung sogleich in sehr feinen Umrissen. Ganz deutlich, mit fast magischem Selbstleuchten, auf blauem Grunde, hebt sich endlich jene Malerei ab, sobald eine blaue Kobalt-Glasscheibe als Zwischenmittel vor das elektrische Licht geschoben wird.

Der Freund der Physik findet ausser den grösseren Lehrbüchern über das galvanische Kohlenlicht noch Belehrung in: das elektrische Licht von Hassenstein. Weimar 1859. Enthält nebst der instruirenden Einleitung eine gute Zusammenstellung der betreffenden Zeitungsartikel.

87. Die sehr kräftige Batterie der Royal-Institution in London gab nach Stokes [34]) zwischen Metallspitzen einen Lichtbogen, von dem unter Anwendung von Quarzprismen und Quarzlinsen ein Spectrum entstand, an welchem der durch Fluorescenz sichtbar gewordene Theil sechs- bis achtmal so lang, als der gewöhnlich sichtbare Theil und durchweg von hellen Querstreifen durchschnitten war. Nach Einschaltung eines Glasstückes in die Lichtstrahlen verkürzte sich das Spectrum auf einen nur sehr geringen Werth seiner vorigen Grösse, indem der brechbarere Theil verschwand. Eine kräftige Leydner Flasche liess ebenfalls ein so langes Spectrum wie jene Metallpole der mächtigen Batterie entstehen; aber die hellen Streifen kamen nur vereinzelt vor. Ein durch den galvanischen Strom glühend gemachter Platindraht erregt nach Osann [35]) keine Fluorescenz.

II. Wissenschaftliche Untersuchungs-Methoden und deren Hauptergebnisse.

A. Spectral-Methoden.

88. Vor Allem ist anzumerken, dass Stokes, als er seine Studien mit den zunächst folgenden Methoden begann, den Vorzug der Quarz-Apparate vor den gläsernen (44) noch nicht kannte; es wird daher nicht befremden, überall Glaslinsen und Glasprismen genannt zu sehen. Es versteht sich von selbst, dass bei der Wiederholung dieser Versuche Quarzgeräthe noch sprechendere Resultate geben werden.

Die nachfolgenden Untersuchungsweisen lassen sich als Hauptmethoden bezeichnen. Stokes fand es nämlich zuweilen förderlich, zwei dieser Methoden zu combiniren oder dazwischen liegende Arten anzuwenden [86]).

89. Die erste Hauptmethode, welche Stokes anwandte, war im Wesentlichen die Brewster'sche. Das directe Sonnenlicht wurde in ein verfinstertes Zimmer durch eine kleine Glaslinse wagrecht eingelassen, welche in einem an der Sonnenseite gelegenen Fensterladen eingesetzt war.

In den so hereindringenden Sonnenlichtkegel wurden die zu prüfenden Körper gestellt und farbige Schaltmittel (Gläser und Flüssigkeiten) zwischen die Stoffe und die Linse („1. Stellung"), dann wieder vor das Auge („2. Stellung") gebracht.

90. Bei der zweiten Hauptmethode wurde das Licht ganz so wie vorhin wagrecht eingelassen, und durch drei oder vier für die kleinste Ablenkung nahe aneinander aufgestellte Münchner Prismen geleitet.

Von da trat das Licht durch eine kleine Linse in den zu untersuchenden Stoff so, dass der Brennpunct der Linse mit der Vorderfläche des letzteren nahezu zusammentraf. Die Linse war in einem dicht hinter dem letzten Prisma angebrachten Holzschirm befestigt und ihr Durchmesser mass um vieles weniger als die Breite oder Höhe der Prismen. Sie füllte sich daher mit weissem Lichte, dessen Bestandtheile selbstverständlich in verschiedenen Richtungen eintraten. Wenn wir das Sonnenbildchen im Brennpuncte der kleinen Linse als Punct gelten lassen, so kann das Licht, welches die zu prüfende Materie trifft, als eine Reihe farbiger Kegel betrachtet werden, deren Axen in wagrechter Richtung liegen und welche sich im Brennpuncte der Linse schneiden. Die Scheitel dieser Kegel bilden demnach unweit dem Brennpuncte, mithin an der Oberfläche der zu untersuchenden Substanzen, eine wagrechte Linie.

Drei der Prismen waren aus Flintglas und eines aus Kronglas. Die brechende Kante der ersteren war beziehungsweise 43°, 33° und 24°; des letzteren 45°. — Die Oeffnung der kleinen Linsen, welche abwechselnd benützt wurden, betrug 0·35″ und 0·22″. Ihre Brennweite war respective 0·75″ und 0·50″.

91. Die zweite Hauptmethode führte auf den wichtigen Unterschied von echter und falscher Fluorescenz („innerer Dispersion"). Das in der zu untersuchenden Flüssigkeit, z. B. in der Chinin-Lösung auftretende fluorescirende Licht bestand nämlich aus zwei Bündeln, die bereits an dem Eintrittspuncte getrennt waren und weiterhin noch mehr auseinander gingen. Das eine dieser Bündel bestand aus den helleren Farben des Spectrums in ihrer natürlichen Ordnung. Es entsprang aus der Reflexion des Lichtes an den in der Flüssigkeit schwebenden Staubtheilchen, und hatte daher ein ungleichmässiges (discontinuirliches) funkelndes Aussehen. Von oben mit dem Nikol'schen Prisma geprüft, ergab es sich als vorzüglich in der Reflexions-Ebene polarisirt.

Das zweite Bündel war lichtkräftiger als das erste, schön

himmelblau, von gleichmässigem (continuirlichem) Aussehen, ohne jede Polarisation — das einfallende Licht mochte beliebig oder auch gar nicht polarisirt sein. Das erste Bündel als von Reflexionen des Lichtes an den Staubtheilchen herrührend, bot also nur eine „falsche," das zweite Bündel aber eine „echte" oder wahre Fluorescenz-Erscheinung. Das Lichtbündel der falschen Fluorescenz eignet sich für den sichtbaren Theil des Spectrums sehr gut dazu, die geänderte Farbe bei dem echten Fluorescenz-Lichte mit der des einfallenden Lichtes zu vergleichen.

92. Bei der dritten Hauptmethode wurde das Sonnenlicht wagrecht durch einen lothrechten Schlitz auf die mehrere Fuss von demselbem, im übrigen aber wie vorhin gestellten Prismen geleitet. Von da trafen die Lichtstrahlen in fast senkrechter Richtung eine grosse, dem letzten Prisma sehr nahe gebrachte Linse von ziemlich bedeutender Brennweite (in der Regel 12″, selten 36″) und erzeugten jenseits der Linse ein Bild der lichtspendenden Spalte. Nahe diesem Bilde oder in dasselbe wurde der zu prüfende Körper gerückt.

93. Bei dieser Methode treten die dunkeln Ebenen und beziehungsweise die dunkeln Linien (40) in dem verlängerten Theile des Spectrums sehr deutlich auf. Ferner lässt sich hier die Zusammengesetztheit des Fluorescenz-Lichtes bei dessen Zerlegung durch ein Prisma (45) und ebenso dessen Absorption durch die empfindlichen Stoffe (41) sehr gut wahrnehmen.

94. Bei der vierten Hauptmethode bleibt alles wie für das dritte Hauptverfahren. Allein im Abstande des Spaltenbildes oder zwischen diesem und dem Sonnenbilde wurde eine der kleinen Linsen (90 Anm.), gewöhnlich hinter einem zweiten Schlitze, angebracht, deren Brennpunct den zu prüfenden Stoff an der Oberfläche traf. Das Fluorescenz-Licht wurde sodann von oben angesehen und durch ein Prisma analysirt.

95. Diese vierte Untersuchungsweise dient noch besser, als die dritte zur Auffindung der Fluorescenz und zu der damit verbundenen Farbenveränderung. Die letztere kann bei dem dritten Verfahren nicht so leicht in den Einzelheiten (in den Details) aufgedeckt werden, weil dabei die Farbenübergänge nur sehr allmälig erfolgen.

Bei der vierten Untersuchungsweise aber treten alle Farben nicht zugleich auf. Man muss die kleine Linse von Roth gegen das Violett verrücken und dabei die Fluorescenz-Farbe mittelst eines Prisma's zerlegen. Bei der Zerlegung durch das Prisma erscheint auch ein zweites falsch fluorescirtes Bündel, welches bezüglich des Farbenvergleiches die nämlichen Dienste wie bei der zweiten Hauptmethode leistet (91). Als z. B. beim schwefelsauren Chinin die vierte Methode angewendet und die Linse wagrecht vom Roth gegen das Violett bewegt wurde, trat die Fluorescenz im Blau auf. Bei der Analyse durch ein Prisma wurde der falsch fluorescirte Antheil getrennt und der echt fluorescirte Theil zeigte sich bestehend aus einer ausserordentlich geringen Menge von Roth; fortschreitend im Spectrum trat etwas Gelb hinzu, noch weiter (etwa zu Anfang des Dunkelblau) wurde das Fluorescenz-Licht heller und es gesellte sich noch etwas Grün den früheren Farben zu. Im Dunkelblau wurde das Fluorescenz-Licht noch lichtkräftiger und im Ganzen etwas grünlich. Bei fortgesetztem Vorschreiten gegen das Violett wurde es schieferblau, und bei der Zerlegung zeigte sich ein stark brechbares Blau. Weiterhin wurde es immer tiefer blau; unweit vor H ward es weisslich, bis endlich sehr entfernt hinter H nur noch ein fast weisser Schein wahrnehmbar war.

96. Wie bereits erwähnt, hat Stokes mit mannigfacher Anwendung und Combination der vier Hauptmethoden die Fluorescenz studirt. Für einige der empfindlichsten Stoffe haben wir bereits die Resultate hinsichtlich der einfachen Farben des Spectrums in der ersten Hauptabtheilung (38)

mitgetheilt. Wir begnügen uns daher, hier nur das wichtigere der Ergebnisse nachzutragen.

97. Wir beginnen unsere Nachträge mit einer zeichensprachlichen Feststellung:

Um die Lage einer merkwürdigen Stelle im Spectrum, die nicht mit einer Frauenhofer'schen Geraden zusammenfällt, genau zu bestimmen, bezieht man sie (nach Stokes) auf die nächsten zwei Geraden, welche immer nach der Ordnung ihrer grösseren Brechbarkeit geschrieben werden. Folgendes Beispiel soll das Wie dessen andeuten: Die Zeichen $\frac{1}{2}GH$, $G\frac{1}{2}H$, $GH\frac{1}{2}$ bedeuten respective die bemerkbar zu machende Stelle liege um den halben Abstand von G bis H vor G, sie befinde sich genau im Halbirungspuncte der senkrechten Entfernung von G bis H, und endlich sie sei um den halben Abstand von G bis H hinter H gelegen. In ähnlicher Weise verhält es sich für andere Bruchtheile und bei anderen fixen Geraden. Die Richtung gegen das Violett heisst positiv, gegen das Roth negativ.

98. Die schwefelsaure Lösung des schwefelsauren Chinins lässt ungefähr bei $G\frac{1}{2}H$ die Fluorescenz entstehen, indem die früher auftretende Fluorescenz nahezu unmerklich ist.

Die Aeskulin-Lösung (gleichviel, ob aus reinem Aeskulin-Pulver oder kurzweg aus den Rinden des Rosskastanienbaumes) frisch bereitet, ist noch etwas empfindlicher als die Chinin-Lösung. Bei der gehörig verdünnten Aeskulin-Lösung fängt die Fluorescenz schon vor G an (vergl. 38). Daher kommt es, dass (wie Herschel bemerkte) ein durch eine Chinin-Lösung gedrungenes Lichtbündel in einer Aeskulin-Lösung auffallender fluorescirt, als wenn umgekehrt das Lichtbündel aus einer Aeskulin-Lösung in eine Chinin-Lösung tritt.

Bezüglich des Stechapfelsamen-Auszuges ist noch zu erwähnen (vergl. 38), dass Stokes bei Anwendung der vierten Methode fand, im rothen Lichte des Spectrums trete

im Stechapfelsamen - Extract ein rothes Fluorescenz - Lichtbündel auf. Stokes erklärt diess aus der etwaigen Gegenwart von Chlorophyll oder einer Abart desselben.

99. Die rhumbraune Guajak - Tinctur (alkoholische Lösung des Guajak - Harzes), nach der dritten Methode geprüft, begann ihre Fluorescenz gegen Ende des Grün mit röthlichbraunem Lichte. Das Gebiet von H und l erscheint grünlich, allein bei l nur spärlich. Nahe der Gruppe m bis über n hinaus, tritt ein schönes Violett auf, was besonders bei verdünnten Lösungen gut wahrzunehmen ist. Auch hier wächst das Absorptions-Vermögen sehr rasch mit der Brechbarkeit des Lichtes (vergl. 41). Bei concentrirten Flüssigkeiten lässt man die einfallenden Lichtbündel die obere Fläche streifen, sonst würde die Absorption der Substanzen die Fluorescenz-Farbe abändern.

Bei der vierten Methode kommt die Fluorescenz schon bei $D\,{}^1/_3\,b$ mit röthlicher Farbe hervor. Wenn man die kleine Linse in positiver Richtung (97) verschob, wurde das fluorescirte Lichtbündel nach und nach bräunlich, gelblich, grünlich und endlich bläulich. In welchen Theil des Spectrums die Linse auch einrückte, stets war das fluorescirte Licht von tieferer Brechbarkeit als die den Stoff ursprünglich treffenden Lichtstrahlen oder als das „thätige" Licht. Diess konnte in dem sichtbaren Theile des Spectrums durch Vergleichung mit dem falsch fluorescirenden Lichtbündel gefunden werden (91).

100. Die Curcuma - Tinctur, nach der dritten Methode untersucht, lässt die Fluorescenz etwa bei b anfangen. Das Absorptions-Vermögen für die fluorescirten Strahlen ist so bedeutend, dass bei wässeriger Lösung schon etwas hinter F (in + Richtung) die Fluorescenz-Erscheinung auf die Oberfläche beschränkt ist.

Nach der vierten Methode geprüft, beginnt die Fluorescenz wie gewöhnlich etwas früher; jedoch ist die Brechbarkeit des fluorescirten Lichtes nur um weniges erniedrigt —

erst bei zunehmender Brechbarkeit des thätigen Lichtes macht sich die Fluorescenz sehr deutlich und mit bereits bekannten Farben (38) vernehmbar. Die festen Linien im unsichtbaren Theile des Spectrums treten deutlich genug auf, wenn auch vielleicht minder gut als bei der Chinin-Lösung.

101. Die Orseille muss zu Fluorescenz-Untersuchungen mit Wasser sehr stark verdünnt werden; dann erscheint eine dunkelgrüne Fluorescenz-Farbe. Nach verschiedenen Methoden geprüft, zeigt sie grossentheils Grün, einiges Orange und etwas Roth, welche in den entsprechenden Theilen des Spectrums auftreten; demnach das Roth im Roth, das Orange etwa bei D und das Grün ungefähr bei b. Die Art des Beginnens zeigt sich am deutlichsten bei der vierten Methode. Die Fluorescenz - Erscheinungen sind hier ohne Zusammenhang, ohne Uebergänge, so dass man zur Vermuthung gedrängt wird, sie werde durch drei verschiedene, in der Lösung gemischte Stoffe erzeugt. Darauf bezügliche eigene Versuche von Stokes bestätigten diese Ansicht [37]). Hinsichtlich des Lackmus ist nachzutragen (38), dass ein ätherischer Auszug vorzüglich Orange, während ein alkoholischer Auszug Orange und Grün nahezu in gleichem Masse fluorescirte.

102. Wenn beim Blattgrün (Chlorophyll) ein weisser Lichtkegel möglichst nahe an der oberen Fläche geleitet und das rothe Fluorescenz-Licht durch ein Prisma zerlegt wird, so ergibt sich ein heller rother Streif von gewisser Breite; hierauf ein dunkler Zwischenraum und endlich ein viel breiterer, minder heller grüner Streif. Nach der dritten Methode untersucht, erschien der ganze brechbarere Theil des Spectrums hellroth bis carmoisinroth, von dunkeln Linien durchsetzt. Bei H bekommt das Roth einen Stich in's Braune und über H hinaus projiciren sich die dunkeln Linien auf bräunlichrothem Grunde. Ausserdem lässt sich an dieser und der nachfolgenden Flüssigkeit, sowie an dem Flussspath von Alsten-Moor (105) und dem Uranglase (106) und anderen Uranverbindungen der Zusammenhang zwischen

der Absorption und Fluorescenz sehr gut studiren [35]). Es stellt sich dabei das Gesetz heraus: Wo an einem Puncte eine hervorstechende Fluorescenz auftritt, entspricht ihr im durchgelassenen Lichte ein Absorptions-Streifen.

103. Der Saft aus den Blättern der *Mercurialis perennis* wird an der Luft blau. Ein alkoholischer blaugrüner Auszug aus solchen blau gewordenen Blättern und Stielen fluorescirt orange. Bei der Zerlegung dieses Fluorescenz-Lichtes zeigte sich vorzüglich ein rother Streif und ein viel hellerer gelber, der von jenem durch einen dunkeln Streif geschieden war. Nach der zweiten Methode untersucht, zeigte sich, dass die gelbe Fluorescenz vorzüglich durch den lichtkräftigsten Theil des Spectrums erregt wurde. Die vierte Methode ergab, dass die rothe Fluorescenz gerade wie beim Chlorophyll beginnt; die gelbe aber etwa bei D, von wo an sie durch das ganze Spectrum hin sich erhält, wenn sie dabei auch an Lichtstärke verliert. Wenn die Flüssigkeit längere Zeit steht, so bekommt sie für das durchfallende Licht eine gelblichbraune Farbe. — Der Auszug aus den frischen grünen Blättern der *Mercurialis perennis* fluorescirt blutroth.

104. Die Erscheinung der Fluorescenz kommt, wie schon Brewster fand, bei allen vegetabilischen Lösungen vor. Stokes bewahrheitet diesen Ausspruch. Die Flüssigkeiten, welche man durch Ausziehen mit heissem Wasser, Alkohol oder Aether von Blättern und anderen Pflanzentheilen erhält, sind nahezu immer empfindlich. Die wässerigen Lösungen fluoresciren mehr oder weniger in allen Stadien der Gährung. Port- und Sherry-Weine sind sehr empfindlich. Wir selbst fanden eine grosse Anzahl von wässerigen und alkoholischen Auszügen aus den verschiedensten Baumrinden mit bläulichem Kegel fluoresciren, wenn sie dem Stamme entnommen waren; mit röthlichem Lichte hingegen, wenn die Rinden von den grünen Zweigen geschält worden waren.

Dass der rothe Kegel im letzten Falle vom Chlorophyll herrührte, ist von selbst klar. Isolirte Pflanzenbasen ergaben sich (nach Stokes) häufig unempfindlich, so z. B. die Lösungen von Zucker, Salacin, Morphin, Strychnin u. a. m.

105. Beim grünen Flussspath aus Alston-Moor ist die Fluorescenz im Allgemeinen jener beim schwefelsauren Chinin ähnlich. Sie fängt zwischen G und H, und zwar, wie die vierte Methode lehrte, $G\,{}^1\!/_2\,H$ an, und geht über die letztere Linie hinaus. Eine Zerlegung des blauen Fluorescenz-Lichtes zeigte es aus zwischen weiten Grenzen der Brechbarkeit liegenden Strahlen bestehend; jedoch fehlten die rothen fast gänzlich, während die brechbareren Strahlen stark vertreten waren. Die Linien l, m und n sind noch deutlich bemerkbar. Die Absorption nimmt hier im Vergleiche mit dem Wachsen der Brechbarkeit des einfallenden Lichtes nicht so rasch zu, wie bei der Chinin-Lösung.

106. Das Uranglas (38) ist eine der empfindlichsten Materien. Die Zerlegung des Brewster'schen Lichtbündels in diesem Glase ergibt es bestehend aus fünf lichten nahezu gleichen Streifen, welche durch fast gleiche, schmale, dunkle Streifen geschieden sind. Der erste Streifen ist roth, der zweite röthlichorange, der dritte gelblichgrün, endlich der vierte und fünfte grün. In ähnlicher Weise verhält es sich mit noch anderen Uran-Verbindungen. — Bei der Zerlegung eines Lichtbündels, das bereits durch eine grössere Dicke dieses Glases gedrungen war, ergab sich hinter F ein matter und eben so bei $F\,{}^1\!/_2\,G$ ein noch undeutlicherer Absorptions-Streif — bald hinter G war das Spectrum abgeschnitten (vergl. 43). Dass die Fluorescenz etwa bei b anfängt, ist bereits bekannt (38). Diess Glas eignet sich am besten, um die dunkeln Fluorescenz-Linien (37) zu zeigen.

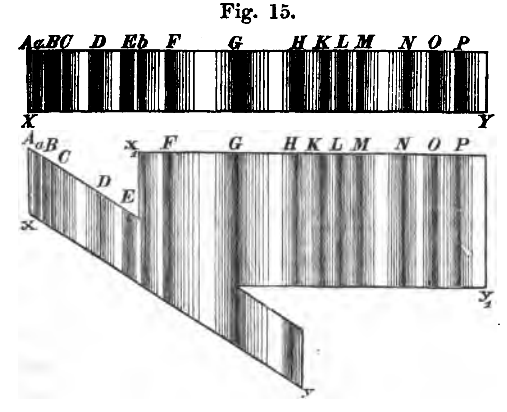
107. Alle farblosen Gläser, ausser dem Faraday'schen Glase, sind mehr oder minder empfindlich. Die gewöhnlichste Fluorescenz-Farbe solchen Glases, wie es zu Trinkgeräthen, Weinflaschen u. s. w. verwendet wird, ist ein Grün,

das sogar schöner als beim Uranglas, wenn auch in geringerer Menge auftritt. Die Analyse ergibt es aus Roth und Grün bestehend, welche durch ein Helligkeits-Minimum, d. i. durch einen matt dunkeln Streif getrennt sind. Nur ein sehr geringer Theil dieser Fluorescenz-Farbe stellt sich als falsch heraus; hingegen zeigen sehr viele orangegefärbte Gläser eine falsche Fluorescenz von blaugrüner Farbe. Die Untersuchung von Stokes [39]) stellt heraus, die Ursache liege in einem feinen blaugrünen Pulver dicht hinter dem farblosen Glase. Dazu gesellt sich dann noch die echte Fluorescenz des farblosen Glases.

Da demnach die gewöhnlichen Gläser nicht unbedeutend fluoresciren, so muss man sich bei den Grundversuchen bemühen, die Lichtkegel unmittelbar in die Oberfläche der Flüssigkeiten zu leiten, weil man sonst die Fluorescenz-Erscheinung nicht rein, sondern gemischt mit der vom Glase herrührenden erhält. Das Einleiten durchs Glas bleibt also stets nur ein Nothbehelf, wenn es eben nicht anders geht, z. B. bei Versuchen des Morgens oder Abends.

108. Sieht man nach einem wagrechten, auf einem Papierschirme liegenden Farbenspectrum XY (Fig. 15) durch

Fig. 15.



ein Prisma hin, dessen brechende Kante der Länge des Spectrums parallel läuft, welche mithin auf die Richtung der Frauenhofer'schen Linien senkrecht steht, oder, um es kurz zu sagen, bricht man das wagrechte Spectrum XY in

einer lothrechten Ebene; so wird es schief liegend bei xy erscheinen, wobei die Farbenordnung nach derselben Seite hin ungeändert bleibt. Schräg muss es sein, weil die brechbaren Farben durch das zweite Prisma stärker abgelenkt werden. Da aber die einfachen Farben durch das zweite Prisma nicht ferner zerlegbar sind, so kann keine weitere Veränderung als eben in der Lage eintreten. Das Spectrum XY soll das „primäre," jenes bei xy (nach Stokes) das „primitive" heissen. Bei den Versuchen mit getränkten Papieren (46) wendete Stokes nur einen kurzen Schlitz an, und das von solchen Papieren aufgefangene Spectrum war selbstverständlich nur schmal. Bricht man ein solches durch die Fluorescenz modificirtes Spectrum wie vorhin durch ein zweites Prisma, so ist ausser dem schiefen oder primitiven Spectrum noch eine zweite, nahezu rechtwinkelige Spectral-Partie $x_1 y_1$ wahrzunehmen.

109. In diesem (nach Stokes) „derivirten Spectrum" $x_1 y_1$ laufen die Farben in wagrechter Richtung unter einander her, und sie sind alle von den Frauenhofer'schen Linien quer durchschnitten, so dass je eine Frauenhofer'sche Linie durch alle Farben geht. Das derivirte Spectrum liegt stets an derselben Seite des primitiven Spectrums und erscheint immer weniger gebrochen als das letztere. Das primitive Spectrum zeigt die Farben des Spectrums in ihrer naturgesetzlichen Ordnung. Es ist aus dem nicht fluorescirenden Lichte des auffangenden Schirmes hervorgegangen. Das derivirte Spectrum hingegen entspringt aus den Fluorescenz-Farben des primären Spectrums XY und ist der kräftigste Beweis, dass die einfachen brechbareren Farben auf einen niedrigeren Grad der Brechbarkeit herabgesetzt und in farbiges Mischlicht verwandelt wurden. Die Farben in $x_1 y_1$, ihre Vertheilung und die Lichtstärke derselben hängen eben von der Fluorescenz-Weise des auffangenden Schirmes ab. So z. B. herrscht beim Chinin-Papier das Blau vor, beim Uranglas das Grün u. s. w. Ebenso verschieden ist die Ausdehnung des derivirten Spectrums. Im Allgemeinen lässt sich nur

sagen, dass es sich vom hellsten Theil des Spectrums bis zum äussersten Violett erstreckt. Je stärker der angewendete Stoff fluorescirt, je mehr also das primäre Spectrum abgeändert wird, desto heller erscheint das derivirte Spectrum und desto mehr tritt das primitive zurück. Enthält das in Untersuchung stehende gewaschene Papier nur wenig ungeändertes Licht, so verschwindet das primitive Spectrum fast gänzlich.

110. Das derivirte Spectrum bildet sich reiner und lichtkräftiger, wenn die kurze und lothrechte Spalte durch einen schmalen, kurzen und wagrechten Schlitz ersetzt wird. Unter sonst gleichen Umständen bleibt nämlich die Länge des Spectrums ungeändert bei kleinerer Breite, was für die nämliche Lichtmenge nothwendigerweise ein helleres Spectrum erzeugen muss. Es heisst, weil es stets sehr schmal ist (nach Stokes) das „Linear-Spectrum," und dient ganz vorzüglich zu Fluorescenz-Forschungen, besonders für undurchsichtige (opake) Stoffe. Stokes führt zwar noch zwei abgeänderte Methoden an [40]), erklärt aber das Verfahren mit dem Linear-Spectrum für das nützlichste, weshalb wir uns mit demselben um so eher begnügen können, als wir bald eine höchst einfache und dabei sehr feine Erforschungsweise der Fluorescenz werden kennen lernen, nämlich die „Complementär-Methode" (114 etc.).

111. Die Studien mittelst des linearen Spectrums haben ergeben, die Fluorescenz sei eine so verbreitete Erscheinung, dass es eine unendliche Arbeit wäre, wenn man eine Liste der empfindlichsten Stoffe zusammenstellen wollte. Fast jeder weisse oder hellfarbige organische Stoff ist mehr oder weniger empfindlich. Hiemit sind aber nicht auch die chemisch isolirten organischen Stoffe gemeint, die öfter unempfindlich sind (104). Holz der mannigfachsten Art, Kork, Horn, Knochen, Elfenbein, Muscheln, die Fingernägel, die Haut der Hand, weisses Papier etc. sind in verschiedenem Grade empfindlich. Die Fluorescenz des Chlorophyll im grünen Laube liess sich auf diesem Wege ermitteln.

Stokes berichtet [41]) über die Empfindlichkeit sehr vieler Stoffe; wir können ihm (der anzustrebenden Kürze halber) hier nicht folgen und erwähnen nur, dass nach ihm einige Uran-Verbindungen sicher fluoresciren, bei anderen blieb es zweifelhaft. Eine Reihe von Wasserfarben war nicht sehr empfindlich, hingegen zeigten sich viele ganz gemein gefärbte Gegenstände empfindlich. Lösungen von Fernambuk, Safflor, rothem Sandelholz, Gelbholz und Krapp sind ziemlich stark fluorescirend; nicht aber von Campeche- und Caneholz.

Feuerstein, Kalkstein und Kreide, Porzellan (Biscuit) sind im Vergleich mit organischen Stoffen nur wenig empfindlich. Unempfindlich sind die Metalle; ferner Kohle, Schwefel, Jod, Brom, Quarz, Chalcedon, Kalkspath und Marmor.

112. Das Fluoresciren der menschlichen Haut benützte Stokes als bequemes Prüfungsmittel für etwa zu beginnende Studien. Zeigt sich nämlich das derivirte Spectrum nicht deutlich auf dem Rücken der Hand, so ist es umsonst, zu dieser Zeit die Untersuchung einzuleiten.

113. Da das weisse Papier ebenfalls, wenn auch schwach, fluorescirt; so verlängert sich auch in Folge dessen auf dem gewöhnlichen weisspapierenen Auffangschirm das äusserste Violett, und zwar mit grünlichgrauer Farbe. In der Regel wird trotzdem die Papiertafel zum Auffangen nach wie vor benützt werden können. Wünschte man aber aus irgend welchem Grunde einen minder empfindlichen Schirm, so müsste man nach einem Stück Kreide mit sehr glatt geschabter Oberfläche greifen. Nach Stokes zeigt eine derartige Kreidenfläche das Spectrum nahezu gänzlich umgeändert und dabei die Frauenhofer'schen Linien schärfer und schöner als eine Papierebene. Eine Porzellantafel ist zwar ebenfalls weniger fluorescirend als Papier, aber wegen seiner Transparenz und wohl auch seiner geringeren Weisse und Reinheit halber erscheint das Spectrum schmutzig und dessen Dunkellinien minder deutlich als auf einem Papierschirm.

B. Die Complementär-Methode von Stokes und Fluorescenz-Dunkelkammern.

114. Dieses Verfahren [42]) macht, wie sich sogleich zeigen wird, die Beobachtung vom directen Sonnenlichte unabhängig und ist dabei dennoch höchst einfach und in einem bedeutenden Grade empfindlich, weshalb sie eine vorzügliche Beachtung verdient.

Denken wir uns einen Stoff, welcher nur die brechbarsten Lichtstrahlen, also etwa bloss die blauen, violetten und übervioletten durchlässt, während er die übrigen Strahlen absorbirt. Diese Materie soll (nach Stokes) das „Haupt-Absorbens" heissen. Sodann stellen wir uns ein zweites Mittel vor, welches ausschliesslich die Lichtstrahlen vom Roth bis Blau durchlässt, hingegen die vorhin genannten von hoher Brechbarkeit auslöscht. Diese Substanz heisse (nach Stokes) das „Complementär-Absorbens." Nun versetzen wir uns in ein dunkles Zimmer. In dem einen der Läden sei eine grössere, etwa runde Oeffnung (von mehreren, etwa über 4 Zoll Durchmesser) ausgeschnitten und diese mit dem Haupt-Absorbens geschlossen.

Wenn wir nun das Complementär-Absorbens vor das Auge nehmen und nach dem Loche in dem Laden hinsehen, so werden wir nichts gewahren. Die durch das Haupt-Absorbens gedrungenen Lichtstrahlen von hoher Brechbarkeit werden nämlich, wie wir annahmen, von dem Complementär-Absorbens verschluckt und wir haben vollständige Finsterniss. Brächte man jetzt auf ein geschwärztes, vor dem Loche eingeschobenes Bretchen (Sims) einen fluorescirenden Stoff, so würde dieser vermöge der Fluorescenz die durch das Haupt-Absorbens eingedrungenen Strahlen von hoher Brech-

barkeit in solche von tieferer Brechbarkeit umsetzen. Die Strahlen von tieferer Brechbarkeit gehen aber, wie wir bedungen haben, durch das Complementär-Absorbens; sie kämen also ins Auge. Dieses würde demnach statt der Dunkelheit den mit gemischtem (heterogenem) Lichte fluorescirenden Stoff wie selbstleuchtend sehen.

115. Das vorausgesetzte Paar complementärer absorbirender Mittel würde nur für jene fluorescirenden Stoffe das höchste leisten, bei welchen die Fluorescenz im Blau beginnt.

Beim Uranglase, wenn es im Maximum fluoresciren sollte, müsste das Haupt-Absorbens für alle wirksamen Strahlen vom Ueberviolett bis Grün durchgänglich sein; aber auch nur für diese, während das ergänzende Absorbens nur Strahlen vom Roth bis Grün durchzulassen fähig sein dürfte.

In ähnlicher Weise würden wieder für andere Stoffe andere Paare nöthig sein, bei welchen am Spectrum der Scheidepunct der Durchdringbarkeit der Lichtstrahlen je ein verschiedener wäre. Für neu zu untersuchende Stoffe wären selbstverständlich einige solche Ergänzungspaare vorräthig zu halten und successive anzuwenden.

116. Die lichtabsorbirenden Stoffe stehen uns nun freilich nicht in dem vorhin angenommenen idealen Zustande zu Gebote; wir können aber suchen durch Combination verschiedener, durchsichtiger färbender Mittel jenes Gedanken-Experiment zu verwirklichen. Da die finstere Stube, das Loch und der Sims am Laden leicht in der vorausgesetzten Weise herzustellen sind, so haben wir uns nur noch um möglichst passende Combinationen lichtabsorbirender und gefärbter Mittel zu kümmern.

Wir werden uns nie solche verschaffen können, welche sich genau in der gewünschten Weise ergänzen. Stets dringt noch etwas Licht durch beide. Nun könnte eben dieser Umstand den Gedanken in uns wecken, ob die Helligkeit des zu untersuchenden Stoffes, nicht etwa von diesem in gewöhnlicher Weise durchgehenden Lichte herrühre.

Um hierüber ins Klare zu kommen, legt man das ergänzende Absorbens unmittelbar an das Haupt-Absorbens vor dem Loche im Fensterladen.

War wirklich die Fluorescenz des Lichtes Ursache von dem Leuchten des auf dem Simse zur Untersuchung aufgestellten Stoffes, so muss er jetzt viel dunkler als vorhin erscheinen; denn diesmal werden ja die wirksamen Strahlen durch das zweite Absorbens zurückgehalten.

Läge hingegen der Grund jenes Leuchtens des zu untersuchenden Stoffes in dem durch beide Mittel gedrungenen Lichte, so muss seine jetzige Helligkeit im Vergleich mit dem ersten Versuche gänzlich unverändert bleiben.

117. Für nur wenig empfindliche Stoffe, ist es zuweilen besser, das ergänzende Absorbens nicht von den Augen zu entfernen und einen dritten absorbirenden Stoff als „Uebertragungs-Mittel" (*transfer medium*) abwechselnd zwischen das Hauptabsorbens und den zu untersuchenden Körper und dann wieder zwischen letzteren und die Augen einzuschalten. Das Uebertragungs-Mittel kann von gleicher Art mit dem ergänzenden Absorbens sein, aber blässer.

Es versteht sich von selbst, dass die Uebertragungs-Methode die Ergebnisse auch bei empfindlichen Stoffen noch hervorstechender liefern und dass man durch Anwendung verschiedener Uebertragungs-Mittel die Versuche mannigfach abändern kann.

118. Neben der Erhöhung der Helligkeit durch die Fluorescenz gibt noch die Farbenänderung an den zu untersuchenden Körpern ein Kennzeichen für die Fluorescenz. Denn angenommen, das Haupt-Absorbens lasse von den sichtbaren Strahlen nur die blauen und violetten durch, und die zu untersuchende Substanz zeige ein Orange, so ist klar, dass diess von der Fluorescenz des Stoffes herkomme, da Blau und Violett auf gewöhnlichem Wege — nie Orange liefern. Indess soll der Farbenwechsel dem Anfänger nur in den auffallendsten Fällen als Anhaltspunct gelten, weil

für feinere Farben-Verschiedenheiten ein geübtes Auge gehört. Es sind für solche, minder schlagende Fälle mit Hilfe des Spectrums einige andere Versuche auf Brechbarkeits-Aenderung anzustellen, bis man es durch Erfahrung dahin bringt, die Verlässlichkeit des Farbenumtausches zu erkennen.

119. Soll der Stoff vereinzelt (isolirt) untersucht werden, so bringt man ihn auf den Sims, oder besser auf eine über das Bretchen gelegte schwarze Sammtunterlage. In der Regel ist aber die Vergleichung mit einem zweiten Gegenstand sehr zu empfehlen, weil dann der Unterschied das Fluorescenz-Phänomen deutlicher hervortreten lässt, mithin die Beobachtung differential wird. Es versteht sich demnach von selbst, dass dieser zweite Gegenstand gar nicht, oder doch so wenig als möglich fluoresciren dürfe, und gut wäre es, wenn er dabei die nämliche Farbe wie der zu prüfende Stoff besässe. Da Letzteres aber nie oder doch in den seltensten Fällen zu erreichen sein wird, so werden wir Stoffe wählen, die sich für alle Fälle eignen, d. h. weisse, welche bekanntlich die sichtbaren Strahlen jeder Farbe in gleichem Masse zerstreuen. Die eben gewünschten Eigenschaften besitzt nahezu das weisse Porzellan-Biscuit. Am bequemsten wird die Plattenform sein; mithin wird ein Porzellan-Täfelchen zum Vergleichs-, Differential- oder Normalgegenstand erhoben. Solche Porzellan - Biscuitscheiben verrathen zwar im Linear-Spectrum sehr deutlich eine Fluorescenz; sie rührt aber von Strahlen her, welche die später genannten Haupt-Absorbentien nicht durchlassen, so dass für diese Untersuchungen derartige Platten als unempfindlich passiren können.

120. Da man jedoch nicht jeder Biscuit-Platte eine solche Unempfindlichkeit zumuthen darf, so wird eine Prüfung derselben nothwendig: Man legt das Porzellan - Täfelchen auf den Sims und hält dann einen mit einer Spalte versehenen Schirm derart, dass man die Spalte gegen den Himmel projicirt erblickt.

Hierauf analysirt man das Spaltenlicht, nachdem es durch ein Haupt-Absorbens gedrungen ist, vermittelst eines Prismas. Ist diess geschehen, so wird die Spalte so gerichtet, dass man durch dieselbe die Porzellan-Platte sieht. Das von der Porzellan-Scheibe kommende Licht wird ebenfalls zerlegt. Zeigt sich diessmal das Spectrum genau so, wie vorhin, nur selbstverständlich als von einem lichtschwächeren Körper stammend, auch minder lichtkräftig; so ist die Platte als Vergleichungs- oder Normal-Object tauglich. Würde aber das Spectrum nicht nur in der Lichtstärke, sondern auch in den Farben und in der Ausdehnung verändert erscheinen, so wäre nach einem andern entsprechenden Täfelchen zu suchen.

121. Nun endlich zu den wirklich zu gebrauchenden Absorbtions-Mitteln! Stokes hat vorzüglich vier Zusammenstellungen gebraucht. Bei der ersten Combination war das Haupt-Absorbens eine tief violette Glasscheibe, welche durch Mangan mit oder ohne Zusatz von Kobalt gefärbt war. An dieses Glas wurde noch ein zweites mit Kobalt blau gefärbtes gelegt, welches je nachdem das Wetter heller oder minder hell war, beziehungsweise dunkler oder blasser gewählt wurde. Als Ergänzungs-Absorbens dient hier ein mit Silber blassgelb gefärbtes und nur schwach gebranntes Glas. In der Regel kann jedoch das absorbirende Augenglas hier entbehrt werden. Diese Combination ergab sich für blau fluorescirende Stoffe als die beste.

Ob ein Glas mit Kobalt gefärbt ist, wird mit Hilfe eines Prismas bei Kerzenlicht an der eigenthümlichen, das Dasein dieses Metalles bestimmt bezeichnenden Absorption erkannt.

122. Bei der zweiten Combination ist Haupt-Absorbens: die tiefblaue Lösung von schwefelsaurem Kupferoxyd-Ammoniak in so weiten parallelopipädischen oder doch flachen Gefässen eingefüllt, dass die durchfallende Gesammtfarbe als tiefes Blau erscheint. Das Ergänzungs-Absorbens ist das nämliche, wie bei der ersten Zusammenstellung.

123. Die zweite Combination ist, im Allgemeinen betrachtet, die wirksamste und zwar ganz besonders, wenn der eingeschobene Stoff gelb, orange oder roth fluorescirt. Diese Methode gestattet einen ganz hübschen Versuch. Schreibt man nämlich mit gewöhnlicher Dinte auf ein Porzellan-Täfelchen und bringt es auf den Sims zwischen die beiden Absorptions-Mittel, so ist — nichts wahrzunehmen. Die Schriftzüge werden aber sogleich sichtbar, wenn man neben das Täfelchen ein Stück Uranglas oder einen anderen kräftig fluorescirenden Stoff hinlegt.

124. Bei der dritten Combination ist Haupt-Absorbens: ein ziemlich dunkelblaues Kobaltglas. Ergänzungs-Absorbens: jenes aus der ersten Zusammenstellung. Diese Methode ist auf dieselben Fälle wie die zweite anwendbar und kann dieselbe vertreten, wenn etwa die passenden Gefässe zur Aufnahme der blauen Flüssigkeit fehlen.

125. Die vierte Zusammenstellung. Haupt-Absorbens: eine Lösung von salpetersaurem Kupferoxyd. Ergänzungs-Absorbens: ein lichtrothes oder tief orangefarbiges Glas. Diese Methode ist zwar ziemlich empfindlich; aber sie steht dennoch der zweiten an Bestimmtheit in den Resultaten nach, indem sie bei rothen oder orangefarbenen Fluorescenzstrahlen unausgemacht lässt, ob nicht etwa noch ein Theil des Fluorescenzlichtes zurückgeblieben sei, für welche das absorbirende Augenglas eben nicht durchgänglich ist.

126. Die Complementär-Methoden können selbstverständlich in der mannigfachsten Weise abgeändert werden. So z. B. kann man die Absorbentien ihre Rollen vertauschen lassen, d. h. das Haupt-Absorbens wird ergänzendes Absorbens und umgekehrt. Für diesen Fall werden sich ähnliche, auffallende Erscheinungen wie im Capitel I. Abtheilung *D* ergeben.

127. Eine ganz vorzügliche Erwähnung verdient folgende Combination: Haupt-Absorbens wie in 122 oder 124; das ergänzende Absorbens aber ist durch ein Prisma ersetzt. Der

zu untersuchende Stoff wird auf das am Simse befindliche Porzellan-Täfelchen gelegt und beide werden mit einem Schirme, der eine Spalte besitzt, derart verdeckt, dass man theils das Täfelchen, theils das zu prüfende Object sieht. Analysirt man nun das von der Spalte kommende Licht mit dem Prisma, so zeigt sich die etwaige Fluorescenz dadurch, dass in Gegenden des Spectrums Licht erscheint, wo bei alleiniger Anwendung des Täfelchens Alles dunkel geblieben ist. In solcher Weise wird die Brechbarkeits-Aenderung des Lichtes sehr treffend nachgewiesen.

In ähnlicher Weise prüft man die Zusammensetzung des Fluorescenz-Lichtes. Man legt nämlich unter das auf dem Sims befindliche Object ein Stück schwarzen Sammt und sieht mit einem Prisma darnach hin. Bei sehr kleinen Krystallen bleibt dann auch die Spalte weg.

128. Mittelst der Complementär-Methode lässt sich die Fluorescenz selbst an minder empfindlichen Stoffen, z. B. an weissem Papier, an der Baumwolle u. s. w. entdecken.

Die Krystalle des schwefelsauren Chinins mit der ersten Combination untersucht, geben ein tieferes Blau, als die saure Lösung desselben, obwohl die letztere viel empfindlicher ist. Die von uns zu den Grundversuchen gebrauchten Stoffe zeigen bei jeder Combination die Fluorescenz sehr auffallend. Die Complementär-Methode unter Anwendung von directem Sonnenlicht verhilft zur Entdeckung selbst sehr schwacher Fluorescenz-Grade. Zur Auffindung der dunkeln Linien im übervioletten Lichte, der Absorptions-Wirkung der Strahlen u. dgl. m. ist freilich die reine Spectral-Methode unumgänglich nothwendig. Die Eigenthümlichkeiten des Fluorescenz-Lichtes können jedoch auch durch die Complementär-Methode erschlossen werden. Die Beobachtung bei derselben ist für die gewöhnlichen Fälle sehr leicht.

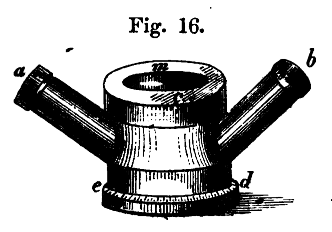
129. Bei den sehr empfindlichen Stoffen lässt sich das Complementär-Verfahren schon im gewöhnlichen Tageslicht, ohne finsteres Zimmer anwenden. Das letztere kann man

übrigens ohne Schwierigkeiten durch einen im Innern geschwärzten Kasten ersetzen, der mit einer Lichteinlass-Oeffnung, einer Linse und mit Oeffnungen zum Ansehen des Objectes von der Seite, von vorne und von oben versehen ist. Natürlich müssen die eben nicht gebrauchten Ocular-Oeffnungen verschliessbar und stets nur jenes Loch offen sein, durch welches man in den Kasten schaut. Ich habe mir eine derartige Dunkelkammer improvisirt, wobei die Oeffnungen einfach mit geschwärzten Stöpseln geschlossen werden. Der so hergerichtete Kasten leistet recht gute Dienste und ist sehr bequem. Um die Sonnenstrahlen zu jeder Zeit einleiten zu können, bringt man vor dem Lichtloche einen um ein Charnier drehbaren kleinen Planspiegel an, den man in passender Weise richtet. Eine ähnliche Fluorescenz-Dunkelkammer hatte schon Osann[43]) früher angegeben. Das Wesen desselben ist bereits durch die obigen allgemeinen Eigenschaften eines derartigen Kastens zur Genüge charakterisirt.

130. Man kann auch cubische oder parallelopipedische Kästchen aus blauem Kobaltglase oder aus dunkelviolettem Manganglase zu Fluorescenz-Beobachtungen anwenden, in welche man die zu untersuchenden Stoffe bringt[44]). Fürst von Salm-Horstmar bediente sich eines derartigen blauen Kästchens, dessen Vorderwand entfernt werden konnte. Die offene Seite des Kästchens war dem Beobachter zugewendet. Er bekam so, bei einer Lösung des Fraxins, das sonst blau fluorescirt, eine gelbe Farbe. Der blaue Antheil des Fluorescenz-Lichtes kann nämlich im Vergleich mit dem viel stärkeren vom Kästchen herrührenden Blau nicht zum Bewusstsein kommen, und es tritt nur der gelbe Antheil der Fluorescenz hervor. Man sieht hieraus, wie vorsichtig man beim Gebrauche solcher Kästchen wegen der Contrast-Farben sein müsse. Ein Kästchen aus dunkelviolettem Glase liess die Fluorescenz-Farbe blau hervortreten. Dem Gesagten zufolge werden blaue Glaskästchen stets nur eine be-

schränkte Anwendung und zwar behufs modificirter Beobachtungen finden. Bei Lösungen wird es immer besser sein, sie in ein Reagensgläschen zu füllen, und dieses mit einer undurchsichtigen Hülle zu umgeben. Die letztere enthält ein mit blauem oder violettem Gläschen geschlossenes Lichtloch. Man beobachtet dann durch Sehen von oben.

Fig. 16.



131. Eine ganz vorzügliche und vielseitige Anwendung gestattet die cylindrische Fluorescenz-Kapsel (Fig. 16) von dem leider der Wissenschaft zu früh entrissenen Physiker Prof. und Dr. J. Grailich[45]). Das Apparatchen ist aus Blech und im Innern geschwärzt. Der Boden ist abnehmbar und greift über den Cylinder. Auf den abgeschobenen Boden werden die zu untersuchenden Stoffe befestigt und das Instrumentchen wieder geschlossen. Die beiden cylindrischen Arme communiciren mit dem Hauptgefäss und bilden mit dem Horizonte einen Winkel von beiläufig 35°. Das Licht fällt durch den einen der Arme auf die zu prüfende Materie und gelangt durch den zweiten in das davor befindliche Auge. Die äusseren Enden der Seitenarme lassen sich mit Blechringen versehen, welche verschieden gefärbte Gläser enthalten. Nach Abnahme dieser Gläser kann man in jenen Arm, welcher dem Auge zugewendet ist, ein Polariskop (ein Nikol'sches Prisma, eine dischroskopische Loupe od. dgl.) zweckmässig einschieben, um das Licht bezüglich der Polarisation zu prüfen. Dies ist besonders bei Krystallen nothwendig. Zur gemeinen Analyse nimmt man ein gewöhnliches Prisma vor das Auge. — Die festgemachte Decke des Instrumentchens ist im Centrum mit einer kreisrunden Oeffnung versehen, die entweder mit einem Blechscheibchen oder für die Beobachtung von oben mit einem farbigen Glasplättchen geschlossen werden kann. Der Bodenrand ist in Grade eingetheilt, damit man die zu prü-

fenden Krystalle unter verschiedenem Azimut gegen die Einfallsebenen messbar richten könne. Das Kästchen kann in mannigfacher Weise der Sonne zugekehrt werden. Es entfällt mithin bei dieser Beobachtungsweise der Heliostat. Dass und wie sich mit diesem Apparatchen auch die Complementär-Methode sehr gut durchführen lässt, ist von selbst klar. Man kann dann auf den Boden ein Porzellan-Biscuit-Plättchen als Normal-Gegenstand legen (vergl. 119).

Die Dimensionen des Instrumentchens sind folgende: Durchmesser und Höhe der Kapsel = $^3/_2$''; Länge der Seitenarme = 1''; ihre Weite = $^3/_4$''.

132. Die Fluorescenz-Kapsel findet auch (nach Grailich) bei Studien nach der Spectral-Methode eine vortreffliche Verwerthung. Man erzeugt das Frauenhofer'sche Farbenbild (31). Bei der vorläufigen Untersuchung führt man sodann die zu prüfende Materie frei oder hinter dem Schlitze eines Schirmes durch die einzelnen Farben des Spectrums. Für Flüssigkeiten genügt diese Methode; für krystallisirte Stoffe gab aber Grailich der Anwendung seiner Kapsel den Vorzug. Es wurde sodann der Boden der Kapsel mit einem Porzellan-Täfelchen versehen und darauf der krystallisirte Stoff befestigt. Der eine Arm des Apparatchens war dem Lichte zugewendet und der andere für das Auge bestimmte mit einem Polariskope versehen. So schritt man dann langsam mit der Kapsel durch das Spectrum. Die Porzellan-Scheibe liess nicht bloss sehr leicht wahrnehmen, wie weit man im Spectrum gekommen sei, sondern macht auch eine Vergleichung der fluorescirenden Strahlen mit dem auffallenden Lichte möglich (119).

C. Allgemeinere Ergebnisse.

133. Weitere Special-Ergebnisse bezüglich der Fluorescenz-Erscheinungen einzelner Stoffe [46]) und selbstverständlich die bereits früher eingeflochtenen Fälle hier übergehend, kommen wir zur Besprechung der Fluorescenz gewisser Uranverbindungen. Da das Uranglas in so vorzüglichem Grade fluorescirt, so wurde Stokes hiedurch angeregt, auch andere Uranverbindungen auf ihre Fluorescenz zu untersuchen. Er fand in der That den gelben Uranit, das salpetersaure und essigsaure Uranoxyd empfindlich. — Bei vielen anderen Uran-Verbindungen blieb er jedoch im Zweifel. Etwas später hat Werther eine Reihe von Uran-Verbindungen bezüglich ihrer Fluorescenz geprüft [47]). Eine beträchtliche Anzahl derselben fluorescirt im Violett des Sonnenlicht-Spectrums mit gelblich- oder bräunlichgrünem Lichte. Wir erwähnen insbesondere nach Grailich des essigsauren Uranoxyd-Ammoniaks, der essigsauren Uranoxyd-Magnesia und des essigsauren Uranoxyd-Cadmiumoxydes. Jeder der genannten drei Stoffe fluorescirt grün, und zwar die beiden letzteren in ausgezeichnetem Grade. Hieher gehören ferner: Der essigsaure Uranoxyd-Kalk mit grünlichblauem Schimmer, das essigsaure Uranoxyd-Zinkoxyd mit undeutlich grüner Fluorescenz.

134. Die meisten Platincyanüre sind kräftig fluorescirend, aber nach der bisherigen Erfahrung nur im festen Zustande und keineswegs in wässerigen Lösungen.

Die hieher gehörigen Beobachtungen sind zuerst von Stokes [48]), dann von Böttger [49]), Greiss [50]) und Anderen, am vielseitigsten und eingehendsten aber von Grailich [51]) gemacht worden.

Die Krystalle von Barium-Platincyanür, Calcium-Platincyanür, Kaliumstrontium-Platincyanür, Kaliumbarium-Platincyanür erscheinen im durchfallenden Tageslichte von gelber Farbe, während sie sich im auffallenden Tageslichte wie mit einem herrlichen Smaragdgrün übergossen zeigen.

In ähnlicher Weise fluoresciren kräftig grün: Kaliumcalcium-Platincyanür und Magnium-Platincyanür. Letzteres aber nur in verwittertem Zustande, in den es sehr bald an trockener Luft geräth. Als Krystall fluorescirt es nach Stokes deutlich roth; nach Grailich aber nur unmerklich roth. Minder intensiv, aber noch deutlich grün, erscheint das Natriumkalium-Platincyanür.

Das Kalium-Platincyanür fluorescirt blau, im verwitterten Zustande nach Umständen gelb bis weisslich-gelb.

Das Fluorescenz-Licht beim Strontium-Platincyanür ist violett. Fast alle diese Stoffe eignen sich vorzüglich zu Schriften und Malereien für die Fluorescenz-Tasche (62).

135. Um die Fluorescenz der Platincyanüre im Tageslichte kräftig leuchtend wahrzunehmen, hält man sie gegen das Licht und betrachtet sie in den zurückgeworfenen Strahlen.

Besonders schön fluorescirend zeigen sich die frischen Bruchflächen, wenn man dieselben, von oben in die Materie blickend, ansieht. Dass diese Stoffe, nach den verschiedenen uns bereits bekannten Methoden untersucht, herrliche Erscheinungen geben, ist von selbst klar.

Im Sonnenlicht-Spectrum untersucht, beginnt bei den meisten der genannten Platinsalze die Fluorescenz im Blau und setzt sich bis in das Ueberviolett mit Farben- und Intensitäts-Aenderungen fort. Nur beim Ammoniumcalcium-Platincyanür beginnt die Fluorescenz mit rother Farbe viel früher und scheint beim Blau aufzuhören.

Das Kaliummagnium-Platincyanür zeigt im Grün und Blau des Sonnenlicht-Spectrums ein röthliches Fluorescenz-Licht.

136. Die meisten Fluorescenz-Farben der genannten Platinsalze sind nach Grailich theilweise polarisirt, was mit der Angabe Stokes [52]) stimmt, der an diesen Stoffen ebenfalls die einseitige Polarisation entdeckte. Stokes hatte früher geglaubt, die wahre Fluorescenz erscheine immer ohne Polarisation.

137. „Doppel-Fluorescenz" war nach Grailich bei den fluorescirenden Krystallen des nicht tessularen Systemes vorauszusehen; denn, was auch immer die Ursache der Fluorescenz sei, so ist doch ausgemacht, dass ein bis ins Innere des Körpers reichender Theil der Materie gleichsam selbst leuchtend wird. Aus dem Innern des Stoffes strahlt also Licht. Die Lichtwellen müssen dabei dem Elasticitäts-Zustande des Aethers in derartigen Krystallen entsprechend, in zweierlei Ebenen schwingend den Stoff verlassen. Wenn an einer beliebigen Stelle im Innern einer Materie aus irgend welchem Grunde Licht entsteht, so verhalten sich die übrigen Puncte der Substanz wie ein lichtfortpflanzendes Mittel. Es wäre daher befremdend, wenn das von doppelt brechenden Krystallen ausgehende Fluorescenz-Licht nicht alle Eigenschaften des gewöhnlichen durch solche Körper gehenden Lichtes zeigte. Merkwürdiger ist eine Art Dichroismus, der sich jedoch mehr in der Kräftigkeit, als in der Farbe des betreffenden Fluorescenz-Lichtes kundgibt. So fluoresciren Calciumplatincyanür und Bariumplatincyanür senkrecht zur Längenaxe des Krystalles stärker als parallel zu jener Richtung; aber in beiden Fällen mit smaragdgrünem Lichte. Kaliumstrontium-Platincyanür und Kaliumcalcium-Platincyanür fluoresciren parallel zur Längenaxe bläulich; senkrecht zu jener Axe aber lichtkräftiger und smaragdgrün. Oefter ist jedoch nur die verschiedene Dicke der Krystalle nach den genannten Richtungen Ursache der

zweierlei Lichtstärken, was in einzelnen Fällen für das Urtheil wohl zu erwägen ist.

138. J. Müller brachte ein mit Bariumplatincyanür (wie in 76 angegeben) bestrichenes Papier in das Fraunhofer'sche Sonnenlicht-Spectrum. Das Blau des Spectrums bedeckte das Fluoresenz-Papier mit ungeänderter Farbe bis auf drei isolirte grüne Fluorescenz-Streifen. Der eine derselben deckte mit seiner Mitte das *G*, die zwei anderen lagen zwischen *G* und *F*. Der Mitte dieser Streifen entspricht die Wellenlänge 0·000462^{mm}, 0·000446^{mm} und 0·000430^{mm}. Die Lichtstrahlen dieser Wellenlänge erregen also auf dem genannten Stoffe nur grüne Fluorescenz, während die dazwischen liegenden Wellenlängen 0·000454^{mm}, 0·000438^{mm} und 0·000420^{mm} — ohne Wirkung bleiben. Der genannte Beobachter bezeichnet diese eigenthümliche Erscheinung als „intermittirende Fluorescenz“ [53]). Die ununterbrochene Fluorescenz beginnt erst etwa bei der Wellenlänge von 0·000410^{mm}.

139. Es ist bereits erwähnt worden, dass die Platinsalze in wässeriger Lösung nicht fluoresciren. Ueberhaupt hängt die Stärke und Farbe der Fluorescenz bei vielen Stoffen von ihrem grösseren oder geringeren Wassergehalte ab; daher fluoresciren einige Platinsalze im verwitterten (wasserärmeren) Zustande stärker, als in der krystallisirten Form, wo sie bekanntlich mehr Wasser enthalten. In ähnlicher Weise verhält es sich auch bei manchen Uran-Verbindungen, von welchen jedoch einige auch in der wässerigen Lösung fluoresciren, z. B. das salpetersaure Uranoxyd. Hingegen ist eine ätherische Lösung des letzteren Stoffes unempfindlich.

140. Häufig zeigen sich verdünnte Lösungen viel empfindlicher als concentrirte; jedoch hat selbstverständlich auch die Verdünnung ihre Grenze, wenn sie auch in einzelnen Fällen erstaunlich weit getrieben werden kann. So z. B. fluorescirt schwefelsaures Chinin in 10000 Theilen Wasser noch sehr deutlich. Herapath hat gefunden, dass

Chinidin noch in 700000 Theilen schwefelsäurehältigen Wassers fluorescirt [54]).

141. Der Wärmegrad ist für die Fluorescenz ebenfalls von Bedeutung. Die bisher untersuchten Glasarten (Uranoxydglas mitverstanden) büssen bei hohen Hitzegraden ihre Empfindlichkeit ein, gewinnen sie aber nach der Erkaltung wieder. Auch die Empfindlichkeit einer wässerigen Lösung vom salpetersauren Uranoxyd wird bei der Erhitzung bedeutend herabgestimmt. Die wenigen pflanzlichen Lösungen, welche in dieser Richtung studirt worden, ergaben sich als gleichgiltig bezüglich der Temperatur-Aenderungen.

142. Das schwefelsaure Chinin wurde von Stokes in den verschiedenartigsten mit Wasser verdünnten Säuren, so wie auch in einer Alaun-Lösung studirt. Stets zeigten sich die Lösungen so empfindlich, dass schwer anzugeben ist, welche Lösung die vorzüglichste sei. Stokes hält die phosphorsaure wasserhältige Lösung des schwefelsauren Chinins für die beste. Der Zusatz von Kochsalz, ferner von Chlor-, Brom- und Jodwasserstoffsäure zu einer Chinin-Lösung hebt ihre Empfindlichkeit für minder feine Methoden gänzlich und für feinere Untersuchungen (Spectral-Verfahren, Complementär-Methode) grossentheils auf. Salzsäure zu einer vorher alkalischen Chinin-Lösung gegeben, lässt sogar das blaue Fluorescenz-Licht, wenn auch nur in schwachem Grade, entstehen. Die wässerige Aeskulin-Lösung wird durch Säuren ihrer Fluorescenz beraubt; aber nicht durch Alkalien, wenigstens nicht bald nach ihrer Bereitung.

143. Zuweilen ist eine Erscheinung der Fluorescenz ähnlich, ohne es in Wirklichkeit zu sein — es ist die „falsche Fluorescenz“ oder „falsche innere Dispersion“ [55]) (vergl. 91). Sie rührt von feinen, in der Flüssigkeit schwebenden Theilchen her und verräth sich bald durch ihr discontinuirliches funkelndes Aussehen. Allein manchmal, z. B. bei einigen gelösten Wasserfarben, sind die in den Flüssigkeiten suspendirten Theilchen von solcher Feinheit, dass der ungleich-

mässige Anblick fehlt. Umgekehrt kann, wenn auch seltener, eine unempfindliche Flüssigkeit, z. B. Wasser, einen an sich empfindlichen Staub, z. B. Hexenmehl (*Semen Lycopodium*) enthalten, und folglich ein discontinuirliches Aussehen bieten und doch wahrhaft fluoresciren. Wir müssen uns daher nach weiteren Kennzeichen der Fluorescenz umsehen. Echt fluorescirende Stoffe, sie mögen welche Farbe immer haben und sich im auffallenden Lichte noch so trüb und schlammig darbieten (13, Anm. 2), sehen im durchgelassenen Lichte völlig klar aus; sie ändern ferner die Brechbarkeit des einfachen Lichtes ab. Das echte Fluorescenz-Licht gewinnt bei farbigen Mitteln, welche in die erste und zweite Stellung gebracht werden, ein verschiedenes Aussehen (57) und bei der Complementär - Methode werden die echt fluorescirenden Stoffe lichtkräftiger. Wahrhaft fluorescirende Stoffe in dicken Schichten angewendet, endlich verbrauchen, je nach der Substanz, die thätigen Strahlen und färben von da an das eingelassene Licht nach den gewöhnlichen Farbengesetzen. Bei den falsch fluorescirenden Stoffen tritt von dem eben Vorgetragenen stets das Gegentheil ein. Da nach den neueren Forschungen (136) das Fluorescenz-Licht ebenfalls einseitig polarisirt sein kann, so fällt der nicht (oder der allseitig ganz gleich) polarisirte Zustand des Fluorescenz-Lichtes als Unterscheidungszeichen der falschen und wahren Fluorescenz weg.

144. Die Fluorescenz mahnt sehr an Phosphorescenz durch Bestrahlung vom Sonnenlichte oder an Phosphorescenz durch Insolation (wie etwa am Canton'schen Phosphor). In der That hat Osann [56]) nachgewiesen, dass gerade jene Lichtstrahlen, welche sich vorzüglich bei der Hervorrufung der Fluorescenz betheiligen, auch die Phosphorescenz am kräftigsten erregen, mithin identisch mit den phosphorogenen (d. i. Phosphorescenz erzeugenden) Strahlen sind. Eine weitere Aehnlichkeit besteht nach Osann darin, dass die Phosphore durch Insolation stets mit ihrem eigenen far-

bigen Lichte strahlen — unabhängig von der Farbe der phosphorogenen (Phosphorescenz erregenden) Strahlen. Auch Stokes hat ähnliche Beziehungen aufgefunden. Gleichwohl bestehen zwischen beiden wesentliche Unterschiede: die Phospherescenz wirkt nach, d. h. das Leuchten der phosphorescirenden Materie dauert noch längere oder kürzere Zeit fort, wenn auch die Bestrahlung bereits aufgehört hat. Die Fluorescenz hingegen beginnt augenblicklich (momentan) mit der Bestrahlung und hört eben so plötzlich (instantan) mit ihr wieder auf [57]). Die Phosphorescenz verbreitet sich von dem Puncte der Erregung auf die benachbarten Theilchen des entsprechenden Sroffes, während im Gegentheil bei fluorescirenden Stoffen die feinsten dunkeln Linien scharf begrenzt erscheinen. Ein näherer Zusammenhang zwischen Phosphorescenz und Fluorescenz scheint zu fehlen, indem fluorescirende Stoffe keine Neigung zur Phosphorescenz zeigen und umgekehrt [58]). So z. B. fluoresciren die Insolations-Phosphore Schwefelcalcium und Schwefelbarium gar nicht und ebenso wenig der Kalkspath, welcher bei Erwärmung phosphorescirt. Zufällig können jedoch beide Eigenschaften an einem Stoffe zusammentreffen.

III. Die Erklärung der Fluorescenz.

145. Die Emanations-Theorie würde die Fluorescenz-Erscheinungen ganz einfach auf eine neue Lichtzerlegung zurückführen. Die Undulations-Hypothese hingegen müsste nach Stokes [59]) annehmen, dass bei der Fluorescenz, wie bei der Phosphorescenz und der chemischen Wirkung des Lichtes, durch das auffallende oder thätige Licht, d. i. durch die Aetherschwingungen eine Bewegung der Körper-Atome eingeleitet werde. Die Perioden der Schwingungen dieser Körper-Atome hängen dann nicht von den Perioden der Aether-Theilchen des einfallenden Lichtes ab, sondern von jenen, in welchen sie selbst zum Schwingen geneigt waren. Diese bewegten Körper-Atome rufen dann wiederum andere Schwingungen im Aether hervor.

Die von dem einfallenden Lichte erregte Bewegung der Körpertheilchen gilt jedoch nur von den Atomen — nicht auch von ihren Verbindungen, Moleküle genannt; denn da bei der Fluorescenz die dunkeln Linien sehr scharf begrenzt auftreten, so ist diess ein Beweis, dass die Atomen-Complexe, d. i. die Moleküle, keine Verschiebungen erleiden. Eine Verrückung der Moleküle müsste sich nämlich durch den ganzen Körper fortpflanzen in ähnlicher Weise, wie bei der Erwärmung der Stoffe. Ein weiterer Grund dafür, dass nur die Bewegung der letzten Theilchen und nicht jene der Atomen-Complexe sich bei der Fluorescenz betheiligen, liegt in dem Umstande, dass bei manchen Stoffen die Fluorescenz sowohl in fester Form als in Lösungen auftritt.

Stokes selbst spricht zwar öfter von Molekülen, aber bei genauer Prüfung des diesem Worte von ihm beigelegten Sinnes ergibt sich, dass

er meist die letzten einfachen Moleküle, d. i. eben — die Atome, meint. Die zweite Bedeutung, d. h. wenn er sich einen Atomen-Complex denkt, folgt leicht aus dem Zusammenhang der Sätze.

146. Es ist bisher noch nicht geglückt, eine in's Einzelne gehende Erklärung der Fluorescenz geben zu können. Ihre Erscheinungen zeigen sich in so hohem Grade von der chemischen Zusammensetzung der Stoffe abhängig, dass sie sowohl als die Thatsachen der Absorption über der Polarisation zu stehen scheinen. Die Erscheinungen der Polarisation sind nämlich in vielen Fällen mehr durch den krystallischen Aggregations-Zustand der Moleküle, als durch deren Constitution bedingt. Wie es sich auch immer damit verhalten möge, das Gesetz der Herabstimmung in der Brechbarkeit bei der Fluorescenz lässt für die Zukunft eine genaue Erklärung der Fluorescenz hoffen. Für jetzt muss man sich mit folgenden Umrissen einer Hypothese von Stokes begnügen.

147. Bei der Fluorescenz wird die Brechbarkeit des einfallenden Lichtes erniedrigt, d. h. die Schwingungsdauer der Fluorescenz-Strahlen ist grösser als die der einfallenden Lichtstrahlen. Sie ist, wie vorhin (145) erwähnt, von den Schwingungen der Atome und nicht unmittelbar von den einfallenden Strahlen abhängig — und doch soll nach dynamischen Principien die Periode der erregten Schwingungen von jener der erregenden nicht verschieden sein! — Die Mechanik beweist die Gleichheit dieser Perioden nur unter der Bedingung, dass die Schwingungen unendlich klein und dass die Kräfte, welche die schwingenden Theilchen in ihre Gleichgewichtslage zurückführen, der ersten Potenz der Ausweichung proportional seien. Nun können zwar die Schwingungen der Atome unendlich klein gegen die Länge einer Welle sein und sie sind es gewiss auch; daraus folgt aber noch nicht, dass sie es auch gegen den Durchmesser der Atome seien; denn sonst blieben die chemischen Zersetzungen durch das Licht unbegreiflich. Wenn nun zudem in dem Ausdrucke

für die zurückführenden Kräfte die von den ersten Potenzen abhängigen Glieder entweder gleich Null oder doch sehr klein angenommen werden, so folgt wohl noch immer eine Bewegung um eine mittlere Gleichgewichtslage, aber keineswegs mit der Periode der erregenden Schwingung.

148. Nehmen wir nun (nach Stokes) an, die von den ersten Potenzen der Verschiebungen abhängigen Theile der Wiederherstellungskräfte seien wirklich oder nahezu gleich Null. Wird dann ein Molekül gestört, so werden seine Atome durch Kräfte beeinflusst, welche durch die zweiten und höheren Potenzen der Verschiebungen bedingt sind. Soll nun das Gleichgewicht der Atome ein stabiles sein, so müssen die Atome durch die letzteren Kräfte wieder in die mittlere Lage gebracht werden. Die Bedingungen der Stabilität verlangen weiter, dass die von den zweiten Potenzen abhängigen Componenten wirklich oder nahezu gleich Null werden. Diess ist jedoch kein wesentlicher Punct, sondern: die Wiederherstellungskräfte sollen sich in höherem Verhältnisse als die Verschiebungen ändern. Sind diese Bedingungen nicht erfüllt, so ist die Atomen-Verbindung für die Untersuchungs-Methoden bei der Fluorescenz labil, und die betreffenden Stoffe würden bei den Versuchsweisen der Fluorescenz zerlegt und es würden sich neue Verbindungen der entsprechenden Körper-Atome 'untereinander oder mit den umgebenden Mitteln bilden. Dieser Fall braucht also hier nicht weiter berücksichtigt zu werden.

149. Wenn aber die Schwingungen der Atome unter Einfluss von jenen Kräften erfolgen, welche sich in höherem Verhältnisse als die Verschiebungen ändern, so sind die Perioden grösser oder kleiner, je nachdem die Amplitüden kleiner oder grösser sind.

„Gesetzt (genau nach Stokes; vergl. hiezu 145, Anm.) die Molekular- und die Aetherschwingungen wären schon im Gange, und es würden die Amplitüden der ersteren durch äussere Kräfte constant erhalten. Je nach dem Werth

der Epoche der Vibrationen eines besonderen Moleküls, werden die Aether-Schwingungen, in dem Mittel mehrerer successiven Undulationen, die Vibrationen des Moleküls zu befördern oder zu hemmen suchen. Eine Zeit lang wird eine Tendenz in dem einen Sinne da sein, dann eine Zeitlang eine in dem andern, und so fort, wobei die entgegengesetzten Tendenzen einander in der Länge (*in the long run*) aufwiegen.

Die Längen der Zeiten, während welcher die Tendenzen in dem einen Sinne liegen, werden abhängen von den Perioden der Molekular- und Aether-Schwingungen, wobei sie im Ganzen grösser oder geringer sind, als die beiden Perioden mehr oder weniger fast gleich sind. Allein da keine äusseren Kräfte die Amplitüden wirklich constant erhalten, so wird, wenn die Aether-Schwingungen für die Störung günstig sind, das Molekül weiter gestört und desshalb seine Periode verkürzt; und wenn sie für die Beruhigung der Störung günstig sind, wird das Molekül gehemmt und desshalb seine Periode verlängert. Wenn dann der Aether schneller schwingt als das Molekül, wird, falls die Wirkung günstig ist, für die Störung die Periode der Molekular-Vibrationen näher der der Aether-Vibrationen gleich gemacht, und desshalb die Zeit, während welcher die Wirkung für die Störung günstig ist, verlängert; wenn aber die Wirkung für die Beruhigung günstig ist, wird der Effect genau der umgekehrte. Folglich ist im Ganzen eine Neigung zur Störung vorwaltend. Wenn aber der Aether langsamer schwingt als das Molekül, erhellt aus einer ähnlichen Schlussfolgerung, dass eine Neigung im entgegengesetzten Sinne überwiegt. Also bloss wenn die Periode der Aether-Schwingungen kürzer ist als die der Molekül-Schwingungen, können die letzteren durch die ersteren im Gange erhalten werden.“

Hiemit ist die Haupterscheinung der Fluorescenz wenigstens im Allgemeinen erklärt. Stokes räumt dann noch

mehrere Bedenken aus dem Wege[60]). Es ist uns nicht gestattet, ihm zu folgen. Es genügt, gezeigt zu haben, auf welchem Wege jener Widerspruch mit den Lehren der theoretischen Mechanik sich löst.

150. Die mit der Fluorescenz verbundene Absorption findet nach Stokes eine sehr schöne Erklärung aus dem Satze von der „Erhaltung der Kraft“ oder (was dasselbe sagt) aus der Lehre von „der Aequivalenz, Umwandlung oder Umsetzung der Kräfte.“ Bekanntlich haben jüngere Forschungen dargethan[61]), dass in der Natur nicht die allerkleinste Kraft neu erzeugt noch auch verloren oder vernichtet werden könne. Wo scheinbar eine neue Kraft auftritt, da ist diess sicher auf Kosten einer anderen geschehen, selbst wenn wir diess im Augenblicke nicht nachzuweisen vermöchten. Und umgekehrt, wo scheinbar eine Kraft oder die von ihr bewirkte Erscheinnng verschwindet, da muss gewiss dafür eine andere Arbeit geleistet sein. Und das ist der Punct, von dem aus nach Stokes[62]) die Erklärung jener Absorption sehr gut und recht einfach gelingt. Wenn nämlich das Fluorescenz-Licht dadurch entsteht, dass das eingelassene Licht den Aether im Körper und dieser die Atome in Bewegung setzt, welche wieder die Schwingungen des Aethers im Körper zu Fluorescenz-Licht modificirt; so muss für die erzeugte Bewegung der Körper-Atome Licht, d. i. Aether-Bewegung verbraucht oder absorbirt werden. In allen Fällen also, wo nicht andere Gründe vorhanden sind, wäre mithin die Licht-Absorption auf eine Atomen-Bewegung zurückzuführen. Diese Hypothese über die Verschluckung des Lichtes ist jedenfalls rationeller, als die freilch in vielen Beziehungen sehr geistreiche Ansicht von Wrede[63]), welcher die Absorption des Lichtes auf die Interferenz der Aetherwellen zurückführt. Allein die Interferenz des Lichtes kann ja im Grunde kein Licht absolut vernichten, sondern es nur anders vertheilen.



Stokes Ansicht entspricht also jedenfalls mehr dem Satze von der Unvernichtbarkeit oder Ewigkeit der Kraft, als die Interferenz-Hypothese von Wrede.

151. Bleibt schon bei der gewöhnlichen Fluorescenz die Erklärung weit hinter den Thatsachen zurück, so ist diess bei der Doppel-Fluorescenz noch mehr der Fall.

Indessen gestatten (nach Grailich) die Erscheinungen der Doppel-Fluorescenz wenigstens einen Einblick in die Elasticitäts-Verhältnisse des Innern eines Krystalls, oder besser, sie bestätigt die Ansicht, dass ein Krystall ein vierfaches Gleichgewichts-System darstelle. Zunächst das Gleichgewicht der Atome in den Molekülen, dann das davon verschiedene Gleichgewicht der Moleküle in dem Krystalle als Ganzem. Diesem Zweierlei des Gleichgewichts der kleinsten und kleineren Theilchen der Materie entspricht beziehungsweise wieder ein Zweierlei im Elasticitäts-Zustande des zwischen den Atomen und Molekülen gelagerten Aethers. Die Doppel-Fluorescenz nun beweist das Dasein dieser beiden Hauptverschiedenheiten im Gleichgewichts-Zustande des Aethers und mittelbar auch der Körper-Atome und Körper-Moleküle.

Die Krystalle erscheinen nämlich völlig durchsichtig und unmerklich dichroitisch in gelben, grünen und blauen Strahlen. Wenn daher ein Strahl gewöhnlichen Lichtes senkrecht gegen einen Hauptschnitt der Krystalle durchgelassen wird, so zerlegt er sich hiebei in zwei polarisirte Strahlen von nahezu gleicher Stärke. Nun aber lehren die Thatsachen, dass Fluorescenz nur durch solche Strahlen erregt werden könne, deren Schwingungen senkrecht zur Prismen-Längenaxe erfolgen. Die Elasticität im Innern der Moleküle muss folglich eine andere als ausserhalb derselben, d. i. eine andere als im Krystalle als Ganzem sein.

Für die fluorescirenden Moleküle ist also der übrige Krystall nichts weiter als ein durchsichtiges Mittel. Die Doppel-Fluorescenz ist folglich gegen den gewöhnlichen Dichrois-

mus der Krystalle gehalten, Molekular-Dichroismus und Molekular-Absorption.

152. Eisenlohr erblickt in der Fluorescenz ein Analogon des Combinations-Tones [64]). So wie dieser aus der Interferenz von Wellen ungleicher Länge entsteht und stets tiefer ist als jeder der erzeugenden Töne, so soll auch da eine Interferenz der kürzeren Wellensysteme von Blauviolett und Ultraviolett vorliegen. Was verursacht aber diese Interferenz? Hier muss man wieder wie Stokes auf ein Verhältniss zwischen Vibrationen des Aethers und der Körper-Atome zurückkommen. Stokes' Hypothese ist aber allgemeiner. Sie möchte auch eine Erklärung gestatten, wenn heute die Erfahrung gemacht würde, dass auch die überrothen Strahlen, d. i. die Strahlen des Wärme-Spectrums, durch Stoffe, auf welche sie fallen, sichtbar werden können, oder dass sich die Brechbarkeit des einfachen Lichtes erhöhen lasse.

IV. Besondere Anwendungen der Fluorescenz.

153. Wir haben bei den Grundversuchen bereits einige sehr interessante Anwendungen der Fluorescenz zur Prüfung der Absorptions-Fähigkeit für die ultravioletten oder chemisch wirksamen Lichtstrahlen (43) und zu interessanten Vorlesungs-Versuchen (84 und 86) kennen gelernt.

Diese Anwendungen wurden im ersten Abschnitte eingeflochten, theils um so bald als möglich das Interesse an unserem Gegenstande zu erhöhen, theils, weil die erste Abtheilung ein vollständiges Ganze der für öffentliche Vorlesungen tauglichen Versuche enthalten sollte. Dabei wurde stillschweigend vorausgesetzt, dass die Fluorescenz-Tasche (62) bei den Zuhörern die Runde durchmache.

Hier wollen wir nun einige besondere Anwendungen der Fluorescenz besprechen.

154. Zunächst kommen wir wieder auf jene Anwendung der fluorescirenden Stoffe zurück, welche die Auffindung der Durchgänglichkeit der Stoffe für die ultravioletten Strahlen zum Gegenstande hat. Es betrifft diessmal die Aufgabe, sich bei solchen Untersuchungen vom directen Sonnenlichte unabhängig zu machen (43).

Nach Stokes [65]) kann man sich nämlich für den vorgesetzten Zweck einer Weingeist-Flamme als Lichtquelle bedienen. Zu diesem Behufe wird im Finstern, eine in Beziehung auf Fluorescenz sehr empfindliche Flüssigkeit, z. B. unsere Chinin-Lösung, in einem weiten, offenen Glase aufgestellt. Nun hält man die Weingeist-Flamme etwas über den Spiegel der empfindlichen Flüssigkeit, so dass die Fluo-



rescenz deutlich an der Oberfläche auftritt, wenn man das Auge ein wenig unter der letzteren hält. Jetzt schaltet man abwechselnd zwischen der Weingeist-Flamme und der Flüssigkeit den zu untersuchenden, von möglichst parallelen Ebenen begrenzten und durchsichtigen Stoff ein und aus. Aus dem Verbleiben, dem Verschwinden oder der Schwächung der Fluorescenz - Erscheinung in der empfindlichen Flüssigkeit schliesst man selbstverständlich beziehungsweise auf das gänzliche Durchgehen, oder auf die vollkommene oder theilweise Undurchdringlichkeit für die ultravioletten Strahlen. Es versteht sich von selbst, dass man sich bei derartigen Studien auch anderer wirksamer künstlicher Lichtquellen (63 u. s. f.) in ähnlicher Weise bedienen könne. Am leichtesten zur Hand ist freilich die Weingeist - Flamme.

155. Auf diesem Wege fand Stokes dieselben Resultate, wie sie in 44 im Allgemeinen angegeben sind. Kein Glas war vollkommen durchgänglich, wohl aber Quarz, selbst in einer Dicke von 2 Zoll; hingegen hielt eine Glimmerscheibe, wenn sie auch nur Papierdicke besass, schon viele der wirksamen Strahlen zurück.

156. Zur Untersuchung von Flüssigkeiten wären demnach (vergl. 44) kleine parallelopipedische Quarzgefässe erforderlich. In Ermanglung derselben adjustirt man eine Glasröhre, wie in 39 angegeben wurde, mit Quarzplatten, nachdem erstere mit der entsprechenden Flüssigkeit gefüllt worden. Jene Quarzgefässe und ihr Surrogat, die ebengenannte Röhre, werden sodann wie vorhin als Zwischenmittel angewendet.

Ein geringer Zusatz von salpetersaurem Eisenoxyd zu Wasser, ferner eine Eisenchlorid - Lösung bewirken nahezu eine gänzliche Absorption der wirksamen Strahlen. Und doch sind diese Flüssigkeiten ohne Fluorescenz! (vergl. 42).

157. Lösungen von Zinkvitriol oder essigsaurem Bleioxyd liessen (nach Stokes) alle thätigen Strahlen durch. Sie eignen sich folglich zur Fällung von hohlen Quarzpris-

men für Fluorescenz - Spectra, für den Fall, dass massive Quarzprismen (44) aus irgend einem Grunde (etwa wegen des hohen Preises etc.) nicht angeschafft werden könnten. In ähnlicher Weise verhält es sich gewiss noch mit anderen wässerigen Lösungen farbloser Metallsalze; bisher fehlen aber hierbei die Erfahrungen, welche jedoch nach dem eben Gehörten sehr leicht in jedem speciellen Falle zu erwerben sind.

158. Jetzt können wir auf eine für die Photographie wichtige Verwerthung der Fluorescenz übergehen. Da nämlich die Fluorescenz errregenden und die chemisch wirkenden (photogenen) Lichtstrahlen nahezu indentisch sind, so wird man leicht prüfen können, welche Gläser zur Erhellung der photographischen Arbeitsstube (des Laboratoriums) dienen können. Solche Gläser sollen bekanntlich möglichst viel Licht durchlassen und dennoch die photogenen Strahlen zurückhalten. Man wird also mit den zu untersuchenden Gläsern, wie in 43 angegeben wurde, verfahren; oder noch kürzer, man erzeugt eine violette oder blaue Fluorescenz, etwa in einer Aeskulin-Lösung mittelst Sonnenstrahlen oder künstlichen Lichtes (154), und bringt das zu untersuchende Glas in die erste Stellung (52). Verschwindet die Fluorescenz-Erscheinung gänzlich, so ist das Glas für die Fenster des photographischen Laboratoriums vorzüglich. Bleibt das abgestufte Licht, so ist das Glas um so weniger tauglich für den vorgesetzten Zweck, je weniger das Fluorescenz-Licht durch dasselbe geschwächt wurde. In solcher Weise geprüft, ergibt sich, dass das für Laboratorien als Fenster gebrauchte calicogelbe Glas als einzelne Scheibe noch sehr viele photogene Strahlen durchlässt, dass diese erst durch einige solcher Glasplatten gänzlich zurükgehalten werden, was, wenn es benützt werden sollte, nebst Unbequemlichkeiten noch den Nachtheil hätte, dass die Vielheit der Platten nothwendigerweise Lichtschwäche bedingt. Hingegen gibt es einige orangefarbige Glasarten, die auch nur als einzelne Scheibe nahezu alle in Beziehung auf Fluorescenz, also

auch hinsichtlich der Photographie wirksamen Lichtstrahlen zurückhalten, dabei aber viel sichtbares Licht durchlassen. Diese Gläser sind natürlich für den in Rede stehenden Zweck am besten. Crookes [66]) gelangte, wenn auch durch ein anderes Verfahren, zu demselben Ergebnisse.

159. Höchst interessant ist die Anwendung der Fluorescenz zum „Photographiren des Unsichtbaren." Schreibt oder zeichnet man nach Gladstone [67]) mit der uns bereits bekannten Chinin- oder Aeskulin-Lösung irgend etwas auf ein weisses Papier, so ist im gewöhnlichen Tageslichte gar nichts wahrzunehmen (86). Nun wird die unsichtbare Schrift oder Zeichnung mit einem in gewöhnlicher Weise beschriebenen Papier bedeckt, und so mit Hilfe eines photographischen Apparates vorgegangen, als wollte man die gewöhnliche Schrift oder Zeichnung photographiren, d h. man stellt den Apparat auf sie ein, bis die matte Glastafel ihr Bild deutlich zeigt. Nun wird das mit Tinte beschriebene Papier entfernt. Es hat seine Dienste geleistet, d. h. es hat geholfen, die sichtbare Schrift oder Zeichnung in die richtige Bildweite zu bringen. Es versteht sich von selbst, dass eine sichtbare Schrift neben der unsichtbaren die nämlichen Dienste leistet. Von jetzt an verfährt man mit dem Photographiren des Unsichtbaren wie gewöhnlich, und zwar hat Gladstone collodionirte Glasplatten angewendet — es erschienen Schrift oder Zeichnung weiss, auf schwarzem Grunde. Daraus folgt: die fluorescirende Schrift ist minder activ als das Licht des übrigen Papiers, was mit der Lehre von der Herabstufung des Lichtes bei der Fluorescenz vollkommen stimmt und vorauszusagen war. Dieser artige Versuch gibt also ein noch nicht abgenütztes Mittel für Geheimschriften. Es versteht sich von selbst, dass sich das Papier auch so tränken lässt, dass man sogleich dunkle Bilder erhält. Man braucht ja nur jene Partien zu tränken, welche nicht das dunkle Bild geben sollen. Eine verdünnte Chlorophyll-Lösung zeigte sich ebenfalls zu solchen Ver-

suchen tauglich. Dieselbe wurde von Gladstone aus Theeblättern bereitet, indem er die letzteren mit heissem Wasser bis zur gänzlichen Auflösung des Farbstoffes und dann mit Alkohol behandelte. Die so erhaltene Chlorophyll-Lösung ist fast unmerklich gefärbt und dennoch höchst empfindlich.

Die Aeskulin-Lösung scheint nach Poggendorf [68]) zu solchen Versuchen empfindlicher als die Chinin-Lösung; denn bei vier Versuchen mit beiden unter sonst gleichen Umständen lieferte immer nur das Aeskulin ein Bild auf der mit Collodium überzogenen Glasplatte.

160. Eine weitere Anwendung betrifft das Uranglas, welches nach Professor Brücke [69]) wegen seiner fluorescirenden Eigenschaft mit Vortheil als Object-Träger bei Mikroskopen verwendet wird, besonders, wenn die Beobachtung beim blauen Himmelslichte geschieht. Bekanntlich ist das rein blaue Himmelslicht bei Arbeiten mit dem Mikroskope sehr störend; denn erstlich sind die Mikroskope auf dem Festlande für das weisse oder schwach gelbliche Wolkenlicht und nicht für das blaue Himmelslicht berechnet, weil ein ganz reiner Himmel in jenen Ländern, wo die meisten mikroskopischen Beobachtungen gemacht werden, zu den Seltenheiten gehört. Zweitens wird das Auge ermüdet und benachtheiligt durch das längere Ansehen einer gesättigten Farbe, die das ganze Sehfeld erfüllt. Diess betrifft zwar zumeist das Roth und Gelb, in geringerem Masse aber auch das Blau und Grün. Und endlich ist bekannt, dass die gewöhnlichen Bilder der mikroskopischen Gegenstände Schattenbilder sind, welche auf unsere Netzhaut fallen. Die Einheit und Schärfe dieser Bilder wird daher leiden, wenn von den Objecten selbst Licht ausgesendet wird. Nun wissen wir, dass sehr viele Pflanzen- und Thierstoffe fluoresciren, und dadurch gewissermassen selbstleuchtend werden. Letzteres besonders, wenn in dem einfallenden Lichte die Strahlen höherer Brechbarkeit bedeutend überwiegen. Diess ist aber beim blauen Himmelslichte der Fall. Erinnern wir uns jetzt, dass die hoch brechbaren Strahlen durch die fluorescirenden

Strahlen abgestuft werden, so springt in die Augen, dass sich jenes Vorherrschen der brauchbareren Strahlen in dem einfallenden blauen Himmelslichte durch fluorescirende Stoffe, welche man als Object-Träger anwendet, fortschaffen lassen wird. Nach Brücke eignet sich das so empfindliche und dabei verhältnissmässig wohlfeile Uranglas in Scheibchen von 2—4^{mm} Dicke vorzüglich zu dem vorgesetzten Zwecke. Solche Object-Träger verbessern das blaue Himmelslicht bedeutend und in einzelnen Fällen, für welche aber die bedingenden Umstände noch nicht bekannt sind, machen sie sogar beim weissen Wolkenlichte das mikroskopische Beobachten angenehmer.

161. Die fluorescirenden Stoffe, welche zum Auffangen des Spectrums dienen (52 u. s. f.), und besonders die mit fluorescirenden Flüssigkeiten (z. B. mit der empfindlichen Chinin-Lösung) getränkten Papiere können sehr gut angewendet werden, um zu vergleichen, wie weit das violette Ende des Sonnenlicht-Spectrums (und in ähnlicher Weise auch anderer Spectra) direct mit dem menschlichen Auge sichtbar sei. Durch die Fluorescenz werden die ultravioletten Strahlen nur mittelbar sichtbar; es entstand nun die Frage, ob dieselben nicht dennoch geradezu sichtbar seien (vergl. 28). Die ersten hierauf bezüglichen Untersuchungen von Stokes [70]) fielen verneinend aus; später aber glückte es ihm durch eine eigene Vorrichtung, die ultravioletten Strahlen bis *p* direct mit dem Auge wahrzunehmen. Er vergleicht ihre Farbe mit jener der Corolle des Lavendels, weshalb er sie auch „lavendelblau“ nennt. Helmholtz [71]) bestätigt Stokes Untersuchungeu. Bei Anwendung eines eigenen Quarz-Apparates glückte es ihm, die ultravioletten Strahlen so weit mit dem Auge direct zu sehen, als sie das fluorescirende Chinin-Papier zeigt. Und dies ist eben die Eingangs dieser Nummer erwähnte Benützung der hochgradig fluorescirenden Stoffe. Nach dem vorhin Gehörten ist die Benennung „unsichtbare Strahlen“ oder „dunkles Licht“ für die

ultravioletten Strahlen jetzt vollends gar nicht mehr passend. Stokes [72]) bemerkte bei seinen Versuchen, dass die fluorescirenden Stoffe im Winter das Sonnen-Spectrum weniger verlängern als im Sommer; gegen Ende August erreicht die Verlängerung den grössten Werth, und um diese Zeit lässt sich am weitesten in das Spectrum hineinsehen. Die atmosphärische Luft ist also bei schiefer auffallenden Strahlen weniger durchgänglich für das höschst brechbare Licht. Hiemit stimmen die Beobachtungen von Crookes [73]) mit seiner Spectrum - Camera.

162. Helmholtz hat ferner auf dem Wege des Experimentes zu bestimmen gesucht, ob das menschliche Auge die ultravioletten Strahlen unmittelbar oder erst durch Fluorescenz an der Netzhaut des Auges vernimmt [74]). Er fand: die Netzhaut fluorescirt zwar im ultravioletten Lichte mit einem Mischlichte von niedrigerer Brechbarkeit, dessen Farbe ein nicht völlig reines (blaugrünliches) Weiss ist. Diese Fluorescenz ist jedoch zu schwach (sie ist schwächer als die des Papiers, der Leinwand und des Elfenbeins, und stärker als jene des Porzellans), um sie aus Erklärungsgrund der Wahrnehmung der ultravioletten Strahlen vom menschlichen Auge gelten zu lassen. Die ultravioletten Strahlen werden demnach vom Auge unmittelbar empfunden. Die Fluorescenz der Netzhaut kann jedoch (wie einige andere Studien von Helmholtz begründen) die directe Empfindung der ultravioletten Strahlen als schwaches Violett dahin abändern, dass dieses Schwachviolett als ein weisslich Indigoblau vom Auge vernommen wird. Eisenlohr [75]) und Esselbach [76]) ist es sogar auf sehr sinnreichen, von einander verschiedenen Wegen gelungen, die Wellenlänge der ultravioletten Strahlen zu messen.

Anhang,

enthält besondere Anmerkungen und den literarischen Nachweis.

Bei dem literarischen Nachweise wurden besonders die Poggendorf'schen Annalen berücksichtigt, die gewiss jedem Fachmanne zur Hand sind. Der Titel der citirten Werke wurde der Kürze halber nur das erste Mal ausführlich angegehen. Wo demnach der Leser auf eine Breviatur stösst, da ist eine frühere Citation aufzusuchen. Wenn der angerufene Artikel mehr als eine Seite enthält, wurde auch die Schlussseite angegeben, um so die Länge des Aufsatzes ersichtlich zu machen.

Neben den Poggendorf'schen Annalen sind in der Regel auch „die Fortschritte der Physik von der Berliner physikalischen Gesellschaft" citirt. Auf den „Jahresbericht über die Fortschritte der Chemie und Physik" von Liebig und Kopp wurde der Kürze halber nicht besonders hingewiesen, da durch das Hindeuten auf die Berliner Berichte der entsprechende Jahrgang des Liebig'schen Jahrbuches gewissermassen mitcitirt ist, und das Inhaltsverzeichniss des bezüglichen Jahrganges den Leser sogleich auf den in Rede stehenden Gegenstand führt.

Zwei Aufsätze über Fluorescenz müssen noch im Allgemeinen erwähnt werden, nämlich: der eine von Witzschel in der Zeitschrift für Mathematik und Physik von Dr. O. Schlömilch und Dr. B. Witzschel, 1. Jahrgang. Leipzig 1856, pag. 160 bis 177.

Der zweite in Marbach's physikalichem Lexicon, Artikel „Zerstreuung des Lichtes" (6. Bd., pag. 1059 bis 1082) mit H. E. gezeichnet. Beide Aufsätze enthalten eine gute Zusammenstellung der bis dahin bekannten Thatsachen über die Fluorescenz.

[1]) Haüy „*Traité de Mineralogie.*" Tom. I.; pag. 512, 521.

[2]) „*Philosophical transactions of the Royal Society of London for the year 1818.*" pag. 424. (Diese Transactionen werden weiter unten nur gekürzt mit „*Phil. Trns.*" citirt).

[3]) John Herschel „*Treatise on Light.*" Artikel 1076.

[4]) Brewster in dem „*Report on the Eighth Meeting and Transact. of Sections for the jear 1838, pag. 10.*"

[5]) Dies gilt nur von den concentrirten Lösungen, und zwar erscheinen diese später im durchgelassenen Lichte bei dicken Schichten rothbraun. (Auch Fürst Salm-Horstmar hat bei Chlorophyll-Lösungen das rothe Licht bei durchfallenden Strahlen bemerkt. Pogg. Ann. Bd. 94, pag. 467.) Meine verdünnten Chlorophyll-Lösungen hingegen bewahren stets ihr Hellgrün, während die concentrirten sich wie bei Brewster verhalten. Eines merkwürdigen Umstandes muss ich hier erwähnen. Als ich nämlich eine

ätherische Chlorophyll-Lösung mit käuflichem Aether verdünnte, bildete sich ein rother schlammartiger Bodensatz, der scharf von der Lösung begrenzt war. Derselbe erhält sich bereits wochenlang. Die darüber stehende Chlorophyll-Lösung zeigt unter Anwendung der convexen Linse nichts destoweniger den rothen Kegel. Bis jetzt ist es mir nicht wieder geglückt, jenen rothen Bodenschlamm mit dem nämlichen Aether zu fällen.

[6]) J. F. W. Herschel *„Phil. Trans.“* 1845, pag. 143.

„On a case of superficial colour presented by a homogeneous liquid internally colourless.“

Ein kurzer Bericht hierüber findet sich auch in der Zeitschrift *„L'Institut.“* (In Zukunft gekürzt *„Inst.“*.) Paris 1845; Nr. 595, pag. 186.

Ferner gehört hieher: J. F. W. Herschel *Phil. Trans.* 1845, pag. 147: *„On the epipolic dispersion of light, being a supplement to a paper entitled on a case of superficial colour presented by a homogeneous liquid internally colourless.“*

Darüber ein kurzer Bericht im: „Init. 1845, Nr. 601; pag. 242“ und in den „Fortschritten der Physik im Jahre 1845. Von Dr. G. Karsten.“ (In Zukunft gekürzt: Berl. Ber.) pag. 183.

[7]) Pristley Geschichte der Optik, übersetzt von Klügel, pag. 207.

[8]) D. Brewster. *„On the decomposition and dispersion of light within solid and fluid bodies.“* In den *„Transactions of the Royal Society of Edinburgh“* (gekürzt: *Edinb. Trans.)* 1846, pt. II, pag. III. — Ferner in dem *„Philosophical Magazine“* (Phil. Mag.) XXXII, 401. — In Poggendorf's Annalen (Pogg. Ann.) Bd. 73, pag. 531 bis 548. — Berl. Ber. für 1847, pag. 120 bis 124.

[9]) Sehr interessant ist Brewster's Meinung hierüber (Pogg. Ann., Bd. 73, pag. 545): „Die Erscheinung der inneren Dispersion, auch nur als ein Fall von Reflexion und Polarisation betrachtet, hat viel Neues und Interessantes. Wenn das erregende Bündel, wie wir es nennen können, cylindrisch ist, so haben wir einen Versuch vor uns, bei welchem die Erscheinung von *cylindrischer Reflexion* und *cylindrischer Polarisation* sich zugleich zeigen. Die unzählbaren reflectirenden Flächen, welche das eingedrungene Licht unter allen möglichen Winkeln auffangen, reflectiren es in allen möglichen Richtungen, so dass das Auge, wo es sich auch befinden möge, das Bündel gleichsam selbstleuchtend sieht; und wenn das Auge sich um das cylindrische Bündel im Kreise dreht, empfängt es ein polarisirtes Lichtbündel, welches in einer durch das Auge des Beobachters und die Axe des Cylinders gehenden Ebene polarisirt ist, oder was dasselbe ist, tausend Beobachter, die dieses Bündel in demselben Azimut, aber in verschiedentlich gegen den Horizont geneigten Richtungen betrachteten, würden alle genau dieselben Reflexions- und Polarisations - Erscheinungen sehen.“ Ferner weiterhin (pag. 547): Die allseitige Polarisation „kann nicht hervorgehen aus einer entgegengesetzten Polarisation durch die Refraction des zerstreuten Lichtes an der Oberfläche der reflectirenden Theilchen, wenn eine solche Wirkung nur den Betrag der durch Reflexion entstandenen Polarisation verringern würde. Ich habe durch directe Versuche gefunden,

indem ich blaues Licht durch verschiedene Dicken der Flüssigkeit gehen liess, dass ein solcher Effect nicht hervorgebracht wird. Wollen wir also nicht voraussetzen, dass diese allseitige Polarisation eine neue, durch eine besondere Wirkung gewisser starrer und flüssiger Körper erzeugte Eigenschaft des Lichtes sei, so werden wir zu dem nicht weniger merkwürdigen Schluss getrieben, dass sie durch eine Unzahl doppeltbrechender Krystalle hervorgebracht werde, die ihre Axen doppelter Strahlenbrechung in allen möglichen Richtungen zu liegen haben, und deshalb von ihren hinteren Oberflächen ein Lichtbündel mit allseitiger Polarisation reflectiren."

[10]) G. Stokes *„On the change of refrangibility of light"* in Phil. Mag. IV, pag. 388 bis 393. — Phil. Trans. 1852, pag. 463 bis 465. — Inst. 1853, pag. 52 bis 54. — Pogg. Ann., Bd. 87, pag. 480 bis 490 und Pogg. Ann. Ergänzungsband IV, pag. 177 bis 345 (enthält die erste vollständige Abhandlung über Fluorescenz von Stokes). — Berl. Ber. 1852, pag. 231 bis 245.

[11]) Stokes äussert sich hierüber (Pogg. Ann., Ergänzb. 4, pag. 180, §. 4 und 5 sammt Anmerkung) wie folgt: „Demjenigen, welcher das Licht als ein subtiles und mysteriöses Agens betrachtet, von dessen Gesetzen uns wohl ein guter Theil bekannt ist, hinsichtlich dessen Natur wir aber noch äusserst unwissend sind, könnte es scheinen, als sei das Phänomen nur ein neuer schlagender Fall derjenigen Zersetzungsweisen, die uns schon bekannt sind. Allein für Jemand, der da meint, die Undulations-Theorie sei für das Licht, was die Gravitations-Theorie für die Bewegung der Himmelskörper ist, muss es ein viel lebhafteres Interesse haben. Welche Schwierigkeit es auch haben möge, zu erklären, wie der Effect hervorgebracht wird, so müssen wir doch wenigstens im Stande sein zu sagen, was für ein Effect hervorgebracht wird; worin z. B. epipolisirtes Licht verschieden ist von Licht, welches diese Umänderung nicht erlitten hat.

Beim Nachdenken über die Natur des Phänomens zeigt sich ein Punct, der besondere Aufmerksamkeit verdient. Obgleich der Durchgang durch eine Schicht, deren Dicke nur einen kleinen Bruch eines Zolls beträgt, hinreichend ist das Licht von denjenigen Strahlen zu reinigen, welche eine epipolische Dispersion hervorzubringen vermögen, so gehen doch die dispergirten Strahlen selbst ganz ungehindert durch mehrere Zolle der Flüssigkeit. Es scheint also, dass die Strahlen, welche Dispersion erzeugen, in irgend einer Weise von anderer Natur sind als die erzeugten dispergirten Strahlen. Nun ist zufolge der Undulations-Theorie die Natur des Lichtes durch zwei Dinge definirt, durch die Schwingungs-Periode und den Polarisations-Zustand. Der Ersteren entspricht die Brechbarkeit, und so weit das Auge darüber urtheilen kann, die Farbe" *).

*) „Einige Physiker ersten Ranges haben behauptet, dass Licht von bestimmter Brechbarkeit noch zusammengesetzt sein möge, und wenn auch nicht durch prismatische Refraction, doch durch andere Mittel zerlegt werden könne. Ich spreche hier nicht von Zusammensetzungen und Zerlegungen, die von Polarisation abhängen. Es ist selbst von den Anhängern der Undulations-Theorie eingeräumt, dass möglicherweise eine Verschiedenheit der Eigenschaften bei Lichtern von gleicher Brechbarkeit einem Unterschied in dem Schwingungs-

[12]) Ueber prismatische Analysen im Allgemeinen gibt jedes grössere Lehrbuch der Physik genügenden Aufschluss. Speciell gehört hieher: „Ueber die prismatischen Spectra der Flammen von Kohlenwasserstoff-Verbindungen, von William Swan. Pogg. Ann., Bd. 100, pag. 306 bis 336, wo in den Noten noch weitere literarische Weisungen zu finden sind.

[13]) Pogg. Ann. Ergänzungsbd. 4, pag. 177 bis 345 (vergl. Citat 10) und Pogg. Ann., Bd. 96, pag. 522 bis 542. Beide Aufsätze enthalten die Hauptstudien Stokes, welche wir einzeln noch öfter citiren werden.

[14]) J. N. Rood. *„On the exhibition of the fixed lines of the solar spectrum with ordivary flint glass prisms“* in Berl. Ber. für 1854, pag. 279 als Notiz aus: *The american Journal of science and arts be B. Silliman* und anderen (gekürzt: Sillimann J.), zweite Serie, Bd. 17, pag. 429 bis 430.

[15]) Pogg. Ann., Ergänzb. 4, pag. 199 bis 203; ferner pag. 337 und pag. 342. Pogg. Ann., Bd. 97, pag. 135 und pag. 616. — Ueber die Photographie des Spectrums, Dr. J. Müller in Pogg. Ann., Bd. 109, pag. 151 bis 157. — Die hier angezogenen Arbeiten werden dem Laien jedoch erst nach Durchlesung des Capitels 1 dieses Aufsatzes vollkommen verständlich.

[16]) Sehr interessant ist eine hieher gehörige Stelle von Brewster: Pogg. Ann., Bd. 73, pag. 539, etwa ein Drittel von unten. Es geht daraus hervor, wie nahe Brewster an die richtige Deutung der inneren Dispersion streift. Ebenso die schon angerufene Stelle (Citat 9) bezüglich der cylindrischen Polarisation. Immer kommt Brewster wieder auf das „Selbst-

---

gesetze entsprechen möchte, und Lichter von gegebener Brechbarkeit ebenso in Farbe verschieden sein könnten, als musikalische Töne von gegebener Höhe im Klange. Hätte ich nicht die volle Ueberzeugung, dass Licht von bestimmter Brechbarkeit im strengsten Sinne des Wortes homogen ist, so würde ich wahrscheinlich veranlasst sein, nach dieser Richtung hin eine Erklärung der merkwürdigen Phänomene der Chinin-Lösung zu suchen. Es würde mich zu weit vom Gegenstande des vorliegenden Aufsatzes abführen, wollte ich die Gründe dieser Ueberzeugung angeben. Ich will nur bemerken, dass ich den merkwürdigen Effect absorbirender Media, scheinbar die Farben in einem reinen Spectrum zu verändern, nicht übersehen habe; doch halte ich diess für ein subjectives, auf Contrast beruhendes Phänomen.

Es anfangs als Axiom betrachtend, dass dispergirtes Licht von gegebener Brechbarkeit nur aus einem im einfallenden Bündel enthaltenen Lichte von gleicher Brechbarkeit entstehen könne, wurde ich veranlasst, wegen der erforderlichen Veränderung in der Natur des Lichtes, auf die Polarisation zu blicken. Da eine Flüssigkeit keine Axen hat, so könnte hier nur eine Circular-Polarisation ins Spiel kommen. Da einige Flüssigkeiten doppeltbrechend sind, sie rechts- und links-circular polarisirtes Licht mit verschiedener Geschwindigkeit durchlassen, so könnte es auch sein, dass diese doppelt-absorbirend wären, ein rechts-circular-polarisirtes Licht von gewisser Brechbarkeit stark absorbirten und ein links-circulares ungeschwächt fortpflanzten. Das rechtscirculare Licht absorbirt, im Sinne als fortgenommen vom einfallenden Bündel, könnte, genauer gesprochen, zerstreut (*scattered*) und deshalb depolarisirt worden sein. Das so erzeugte gemeine Licht würde äquivalent sein zweien Bündeln von gleicher Intensität, einem rechts- und einem links-circular-polarisirten.

Von diesem würde das letztere ungehindert durchgelassen, das erstere aber aufs Neue zerstreut werden, und so fort. Allein diese, an sich schon unwahrscheinliche Hypothese wäre noch nicht ausreichend. Es wären neue Voraussetzungen erforderlich, um den Umstand zu erklären, dass ein epipolisirtes Bündel, wenn es der prismatischen Analyse bei geringer Vergrösserungskraft unterworfen wird, keine Absorptions-Streifen in der Gegend zeigt, zu welchen, ihrer Brechbarkeit nach, die dispergirten Strahlen hauptsächlich gehören. Diese Theorie hätte also im Ganzen nicht den geringsten Schein von Wahrheit.“



leuchten," was eben zur wahren Auslegung der Fluorescenz-Erscheinungen führt.

[17]) Pogg. Ann., Ergänzbd. 4, pag. 342.

[18]) Phil. Trans. 1842, pag. 194. — Hier sei erwähnt, dass E. Becquerel die Priorität der Stoke'schen Entdeckung für sich in Anspruch nimmt (Berl. Berichte 1854, pag. 281, als Notiz). Schon im Jahre 1842 und 1843 hat nämlich E. Becquerel die festen Linien im ultravioletten Theile des Spectrums bemerkt, welches vom Papier aufgefangen wurde, das mit einer phosphorescirenden Substanz, z. B. mit Schwefelkalcium versehen worden war. Da jedoch zwischen Phosphorescenz und Fluorescenz wichtige Unterschiede bestehen, und da es hauptsächlich auf die richtige Deutung der betreffenden Erscheinungen ankam, so bleibt das Prioritätsrecht Stokes jedenfalls durch diese Reclamation Becquerel's ungetrübt.

[19]) Pogg. Annalen, Ergänzb. 4, pag. 250, §. 97.

[20]) Fürst Salm-Horstmar in Pogg. Ann., Bd. 88, pag. 175. Berl. Ber. für 1853, pag. 246.

[2]) Moser in Pogg. Ann., Bd. 89, pag. 165 bis 166. — Berliner Ber. 1853, pag. 246.

[21]) Stokes hätte das durch die zu untersuchenden Stoffe geleitete Spectrum jedesmal photographiren müssen, was gewiss mit zu vielen Umständen verbunden ist. Er strebte daher seinen Zweck (wie im Haupttexte zu ersehen) auf kürzerem, wenn auch indirectem Wege zu erreichen.

[23]) Zu ähnlichen Folgerungen kommt Osann im Journal für praktische Chemie von O. L. Erdmann (gekürzt in Zukunft: Erdmann J.) Bd. 66, pag. 87 bis 102 und in Berl. Ber. für 1855, pag. 277.

[24]) Stokes in Pogg. Ann., Ergänzb. 4, pag. 304. — Fürst von Salm-Horstmar in Pogg. Ann., Bd. 88, pag. 175.

[25]) Pogg. Ann., Bd. 89, pag. 627 bis 658. — Berl. Ber. für 1855, pag. 243.

[26]) Böttger in Pogg. Ann., Bd. 95, pag. 176. — Erdmann J., Bd. 68, pag. 363. — Dingler's polytechnisches Journal (gekürzt in Zukunft Dingler's J.) Bd. 140, pag. 315. — Berl, Ber. für 1855, pag. 278.

[27]) Stokes in Phil. Mag., vierte Serie, Bd. 10, pag. 95. — Inst. 1855, pag. 423. — Berl. Ber. für 1855, pag. 278. — Böttger in Pogg. Ann., Bd. 97, pag. 333 bis 334. — Berl. Ber. für 1856, pag. 256.

[28]) Babo und Müller in Pogg. Ann., Bd. 97, pag. 508 bis 510. — Berl. Ber. für 1856, pag. 257.

[29]) Babo in Pogg. Ann., Bd. 97, pag. 499 bis 507.

[30]) Daher mag es kommen, dass Osann das Blattgrün im elektrischen Lichte nicht fluorescirend findet. Pogg. Ann., Bd. 97, pag. 329.

[31]) Diess stimmt mit Stokes. Pogg. Ann., Ergänzb. 4, pag. 317.

[32]) Eisenlohr in Pogg. Ann., Bd. 93, pag. 623 bis 626. — Berl. Ber. für 1854, pag. 281.

[33]) Osann in Pogg. Ann., Bd. 97, pag. 329, §. 2. — Berl Ber. für 1856, pag. 257.

[34]) Stokes in Pogg. Ann., Bd. 89, pag. 627 bis 628. — Berl. Ber.

für 1853, pag. 243. — Nach Secchi lieferte das galvanische Kohlenlicht auf Chinin-Papier ein Spectrum, dessen violettes Ende in drei durch dunkle Zwischenräume getrennte Gürtel getheilt war. In den *Archives des sciences physiques et naturelles par de la Rive* u. a., Bd. 31, pag 212 bis 213. — Berl. Ber. für 1856, pag. 257.

[35]) Siehe Citat 33.

[36]) Pogg. Ann., Ergänzb. 4, pag. 188 u. s. f.

[37]) Wie im Citat 36, aber Seite 228 bis 232.

[38]) Wie im Citat 36, aber Seite 207 bis 210; ferner Seite 217 bis 226, und endlich Seite 234 bis 235.

[39]) Wie im Citat 36, aber Seite 237, §. 79.

[40]) Wie im Citat 36, aber Seite 259 bis 260, §. 110 und §. 112.

[41]) Wie im Citate 36, aber Seite 261 bis 268.

[42]) Pogg. Ann., Bd. 91, pag. 158 bis 160; ausführlicher Bd. 96, pag. 522 bis 542. — Berl. Ber. für 1853, pag, 244 bis 246.

[43]) Erdmann J., Bd. 66, pag. 93.

[44]) Pogg. Ann., Bd 98, pag. 343. Vergleiche ferner Bd. 97, pag. 638 und Bd. 103, pag. 652.

[45]) Grailich in den „Verhandlungen des Vereines für Naturkunde zu Pressburg“ für 1857, pag. 12. — Ferner in seinen „krystallographisch-optischen Untersuchungen,“ Wien und Olmütz, bei E. Hölzl, 1858. — Wo von jetzt an von Grailich's Forschungen bezüglich der Fluorescenz gesprochen wird, da ist stets das letztere ausgezeichnete Werk mit Hilfe des Inhaltsverzeichnisses nachzuschlagen.

[46]) *a)* Ueber die Fluorescenz gewisser Eisen- und Platinsalze von Gladstone in Erdmann's J., Bd. 64, pag. 438. — Berl. Ber. für 1854, pag. 282.

b) Ueber die Beziehungen des grünen Farbestoffes der Phanerogamen, Algen und Infusorien zur Fluorescenz. — Angström in Pogg. Ann., Bd. 93, pag. 475 bis 480. — Salm-Horstmar in Pogg. Ann., Bd. 93, pag. 159; ferner Bd. 94, pag. 466 bis 467, nebst einer Berichtigung dazu in Bd. 95, pag. 176, und endlich die Untersuchung des grünen Farbestoffes wahrer Infusorien, Bd. 97, pag. 331 bis 333. — Harting in Pogg. Ann., Bd. 96, pag. 543 bis 550 und Berl. Ber. für 1855, pag. 279.

c) Ueber die Fluorescenz eines Stoffes (Fraxin) in der Rinde von *Fraxinus excelsior* von Salm-Horstmar in Pogg. Ann., Bd. 97, pag. 637 bis 638, und Bestätigung von Poggendorf, Pogg. Ann., Bd. 97, pag. 644. Ferner Pogg. Ann.. Bd. 100, pag. 607 bis 611.

d) Ueber die Fluorescenz des Aesculetins von Salm-Horstmar, mitgetheilt von Poggendorf in Pogg. Ann., Bd. 98, pag. 189, die zweite Notiz.

e) Ueber die Fluorescenz von Chinidin und Cinchonidin von Herapath in Erdmann J., Bd. 72, pag. 104 bis 105. Chinidin ist äusserst empfindlich, Cinchonidin gar nicht.

f) Ueber die blaue Fluorescenz von *Ammonium thionuretum* von Mallet in Sillimann J., zweite Serie, Bd. 23, pag. 434.

g) Ueber eine (schön grünlich blau) fluorescirende Flüssigkeit (ätherische Lösung) aus der Wurzelrinde von *Rhamnus Frangula*. Von Salm-Horstmar in Pogg. Ann.. Bd. 109, pag. 539 bis 541.

h) Ueber die Fluorescenz des Harzes im Kienruss von Osann in Pogg. Ann., Bd. 97, pag 329.

i) Ueber die Fluorescenz der Diamanten in *L'institut* für 1857, pag. 274 und Berl. Ber. für 1857, pag. 235.

k) Bei Gasen ist direct noch keine Fluorescenz entdeckt worden; Osann schliesst jedoch aus dem Umstande, dass mit Sonnenlicht insolirtes Chlorgas sich im Finstern ohne weiters mit Wasserstoff verbindet, auf die Fluorescenz des Chlors. Pogg. Ann., Bd. 94, pag. 641, §. 4.

[47]) Erdmann J., Bd. 65, pag. 349 bis 351.

[48]) Stokes in Pogg. Ann., Bd. 96, pag. 541 bis 542.

[49]) Böttger in Pogg. Ann., Bd. 95, pag. 176 nebst Berichtigung in Bd. 97, pag. 333.

[50]) Greiss in Pogg. Ann., Bd. 106, pag. 645.

[51]) Grailich. Siehe Citat 45, ebenso bei allen folgenden Berufungen auf Grailich. — Ueber die Darstellung der Platincyanüre siehe Lehrbuch der Chemie von Otto Graham, letzte Auflage, Artikel „Platin" und A. Schaffařik in den Sitzungsberichten der kaiserl. Akademie in Wien (gekürzt Wien. Ber. Akad.) Bd. 17, pag. 57. — Erdmann J., Bd. 66, pag. 385 bis 421. — Ferner Wesselski in den Wien. Ber. Akad. Bd. 20, pag. 282.

[52]) Stokes. Siehe Citat 48.

[53]) Müller in Pogg. Ann., Bd. 104, pag. 649.

[54]) Siehe Citat 46, *e*.

[55]) Ein interessantes Beispiel von falscher innerer Dispersion bieten nach Brücke die dichroitischen Hämatin-Lösungen. Hierüber zunächst: Ueber den Dichroismus des Blutfarbestoffes von Brücke in den Wien. Ber. Akad. Bd. 11, pag. 1070 bis 1076, und dann: Ueber die unechte innere Dispersion der dichroitischen Hämatin-Lösungen in Wien. Ber. Akad. Bd. 13, pag. 485 bis 486, und in Pogg. Ann., Bd. 94, pag. 426 bis 428.

[56]) Osann in Erdmann J., Bd. 66, pag. 87 bis 102, besonders die Stelle pag. 98 bis 100. — Berl. Ber. für 1855, pag 277.

[57]) Nach unseren eigenen Versuchen (Nr. 10, pag. 7) und nach Moser in Pogg. Ann., Bd. 89, pag. 165.

[58]) Stokes in Pogg. Ann., Ergänzb. 4, pag. 320 bis 322, besonders §. 225.

[59]) Siehe Citat 58, und zwar pag. 322, §. 226 u. s. w.

[60]) Wie im Citat 58, aber pag. 328, §. 232 bis §. 236.

[61]) *a)* J. R. Mayer in Liebig's Annalen der Chemie, Bd. 42, pag. 233. Aeusserst interessant und der erste Artikel dieser Art.

b) „Ueber die Erhaltung der Kraft etc." von H. Helmholz. Berlin, G. Reimer 1847.

c) J. R. Mayer über das mechanische Aequivalent der Wärme. Heilbronn 1851.

d) „Ueber die Wechselwirkung der Naturkräfte etc." von H. Helmholz. Königsberg, Gräfe und Unger 1854.

e) „Das mechanische Aequivalent der Wärme etc." von A. Freiherrn v. Baumgartner im Almanach der kais. Akademie der Wissenschaften. Wien, 1856.

f) „Ueber die Verwandlung von Kräften," von Justus v. Liebig, in den Vorträgen gehalten zu München im Winter 1858. Braunschweig, F. Vieweg 1858. — Liebig's chem. Briefe, 4. Aufl. (1859), Bd. I, pag. 205.

g) „Ueber Grundgesetze der Naturwissenschaft und ihre Geltung im praktischen Leben," von Dr. A. Freiherrn v. Baumgartner in dem Berichte: Die feierliche Sitzung der kais. Akademie der Wissenschaften am 30. Mai 1860. In Commission bei C. Gerold's Sohn.

[62]) Wie im Citat 58, pag. 332, §. 237 bis §. 238.

[63]) Wrede in Pogg. Ann., Bd. 33, pag. 353.

[64]) Eisenlohr in Pogg. Ann., Bd. 93, pag. 623.

[65]) Stokes in Pogg. Ann., Ergänzb. 4, pag. 307 bis pag. 310.

[66]) Crookes. Photographische Untersuchungen über das Sonnenspectrum in Pogg. Ann., Bd. 97, pag. 616 bis 622. — Berl. Ber. für 1856, pag. 250 bis 251. Die im Original-Aufsatze beschriebene „Spectrum-Camera" von Crookes ist besonders von hohem Interesse für jene, welchen kein langes Zimmer für die Erzeugung des Frauenhofer'schen Sonnenspectrums zu Gebote steht. — In leichter Weise lässt sich dieser Apparat auch für Fluorescenz-Studien im Frauenhofer'schen Spectrum in einem kleinen Dunkelzimmer anwenden. Das wird jedem Fachmanne nach Durchlesung des Original-Aufsatzes sogleich von selbst einfallen.

[67]) Gladstone in Pogg. Ann., Bd. 109, pag. 159 bis 160.

[68]) Poggendorf in einer Note zu dem in 67 citirten Aufsatze.

[69]) Brücke in Wien. Ber. Akad., Bd. 21, pag. 430 und in Dingler's polytechnischem Journal, Bd. 144, pag. 440.

[70]) Stokes in Pogg. Ann., Ergänzb. 4, pag. 254 bis 255.

[71]) Helmholtz in Pogg. Ann., Bd. 86, pag. 513, sowie Bd. 94, pag. 11.

[72]) Stokes in Pogg. Ann., Bd. 89, pag. 628 am Schlusse des Aufsatzes.

[73]) Crookes in Pogg. Ann., Bd. 97, pag. 621, gegen Ende des Aufsatzes. — Berl. Ber. für 1856, pag. 250 bis 251.

[74]) Helmholtz in Pogg. Ann., Bd. 94, pag. 205 bis 211.

[75]) Eisenlohr in Pogg. Ann., Bd. 98, pag. 353 bis 370 und Nachtrag in Pogg. Ann., Bd. 99, pag. 159 bis 165. — Berl. Ber. für 1856, pag. 251 bis 254.

[76]) Esselbach in Pogg. Ann., Bd. 98, pag. 513 bis 546, beruhend auf der Theorie der Talbot'schen Streifen in Pogg. Ann., Bd. 42, pag. 284; ferner Bd. 53, pag. 459 und Bd. 58, pag. 535. — Berl. Ber. für 1855, pag. 270 bis 275. — Ferner Bemerkungen hiezu von Helmholtz. Berl. Ber. für 1855, pag. 275 bis 276, wo sich auch der weitere literarische Nachweis hiezu findet.